…AFRÓF NÁTTÚRUVÍSINDANNA

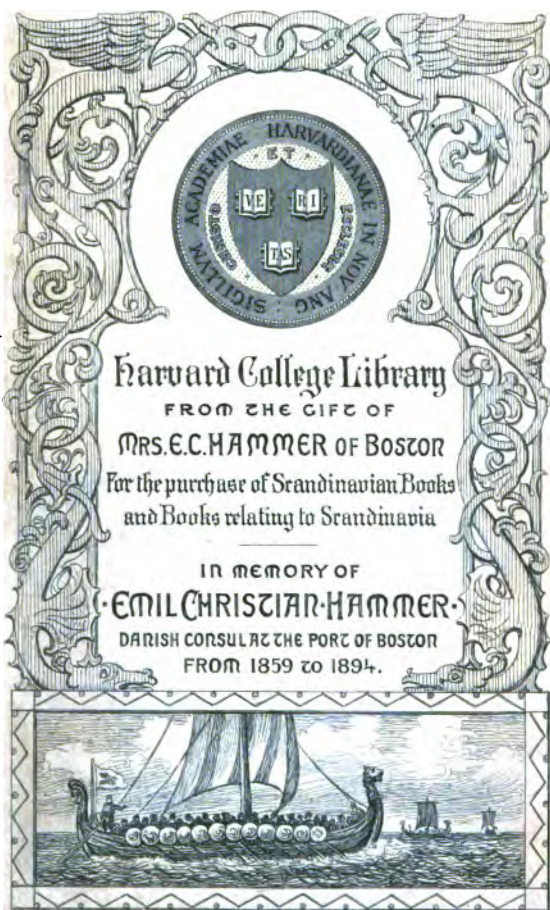
III.

EÐLISFRÆÐI

eptir

Balfour Stewart

HIÐ ÍSLENZKA BÓKMENNTAFJELAG



Harald Jensen
Danmark, '02

STAFROF NÁTTÚRUVÍSINDANNA.

III.

EÐLISFRÆÐI.

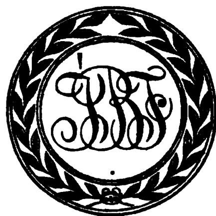
Stafrof náttúruvísindanna.

EÐLISFRÆÐI

eptir

Balfour Stewart.

Með 48 myndum.



Reykjavík.
Gefin út af hinu íslenzka bókmenntafjelagi.
1880.

Stafrof náttúruvísindanna.

EÐLISFRÆÐI

eptir

Balfour Stewart.

Með 48 myndum.



Reykjavík.
Gefin út af hinu íslenzka bókmenntafjelagi.
1880.

Í prentsmiðju Einars Þórðarsonar.

Efnisyfirlit.

Inngangsorð.

1. Náttúrufræði eða eðlisfræði. Yður hefur verið sagt frá því í efnafræðinni, hvers konar þeir hlutir eru, sem eru umhverfis oss. Þjer hafið og sjeð, hversu efnafræðingurinn fer að; hversu hann vegur hina ýmsu hluti, og kemst þannig að raun um þunga þeirra, og sömuleiðis, hversu hann kemst að því, að sumir hlutir eru samsettir, og að þá má leysa sundur í tvo eða jafnvel fleiri líkami, en að sumir hlutir aptur á móti eru ósamsettir, og verða eigi greindir í sundur á þann hátt, að eitt efni verði greint frá öðru.

Yður hefur áður sagt verið um hinar ýmsu tegundir hlutanna, en þjer hafið enn þá fengið næsta litla þekkingu á eiginlegleikum þessara hluta. Þjer eruð sjálfir breytingum háðir. Stundum leikur bros á vörum yðar, og stundum getur svo farið, að þjer sjeuð þrútnir af gráti, og tárin streymi af augum yðar. Stundum eruð þjer fjörið sjálft og atorkan, en stundum kjarklausir, sljóvir og aðgjörðalausir.

Ef þjer hugsið yður lítið eitt um, munuð þjer brátt verða þess vísir, að hlutirnir umhverfis yður eru líkum breytingum háðir og sjálfir þjer. Einn daginn er einhver gleðiblær yfir allri náttúrunni, og hún svo brosleit og ljómandi fögur; en næsta

daginn er hún myrk og döpur á að sjá; regninu steypir niður, þrumurnar drynja, stormurinn hvín, og sjórinn er allur í einu löðri. Vjer getum og tekið járnkúlu eina, sem liggur á gólfinu; hún er er þá köld átaks, og þjer getið óhræddir tekið á henni. En síðan skulum vjer leggja hana í eld, en er hún kemur úr eldinum aptur, er hún mjög ólík því, sem hún áður var, þótt efnið sje hið sama; þá er hún heit orðin, og ef þjer þá drepið fingrum yðar á hana, getið þjer gengið að því vísu, að þjer munuð brenna fingurna. Vjer getum og tekið kúlu þessa og troðið henni niður í fallbyssu, í stað þess að láta hana í eld, og hleypt síðan úr fallbyssunni, og kemur þá kúlan út með afarmiklum hraða og mylur í sundur allt, sem fyrir verður.

Þjer sjáið því, að köld fallbyssukúla er næsta ólík heitri kúlu, og þá er fallbyssukúlan liggur grafkyrr, er hún næsta ólík þeirri, sem er á fleygiferð.

Ef vjer sjáum yður grátandi og sorgbitna, spyrjum vjer yður að ástæðunni, og ávallt verður sú raun á, að eitthvert er tilefnið; eða ef þjer eruð sljóvir og syfjaðir, og getið eigi fengið yður til að gjöra neitt, þá spyrjum vjer, hvað því valdi, og munum vjer komast að raun um, að ávallt er einhver ástæðan. Sama verður niðurstaðan, er vjer sjáum breytingar á dauðum hlutum og eiginlegleikum þeirra, að vjer tökum þá að rannsaka, hver sje ástæðan til breytinga þessara, og verðum þess þá áskynja, að ávallt er eitthvað, sem veldur. Þessa rannsókn munum vjer frammi hafa í riti þessu, og

þjer verðið því að setja vel á yður svör þau, er vjer fáum. Yður hefur þegar áður sagt verið, að slík spurninga-aðferð er nefnd tilraunir.

2. Hreifing. Þjer verðið um fram allt að gjöra yður ljósa hugmynd um, hvað hreifing er. Hreifing er flutningur úr einum stað á annan. Sumir af yður hafið að líkindum heyrt, að jarðarhnötturinn, sem vjer byggjum, fari í raun rjettri með miklum hraða kring um sólina; en vjer skulum allt um það sleppa þessari ferð hennar úr huga vorum, og það af þeim sökum, að þótt jörðin berist áfram með afarmiklum hraða, þá berumst vjer allir stöðugt með henni, og allt fer fram með slíkri ró og spekt, að það er eins og jörðin væri grafkyrr.

Þá er jeg sit á stóli í stofu minni, get jeg því sagt, að jeg sje grafkyrr, en gangi jeg aptur á bak og áfram um herbergið, þá er jeg á kviki. Til þess samt að geta fyllilega skilið hreifingu mína, hljótið þjer að vita eitthvað meira, en það eitt, að jeg hreifist. Þjer hljótið og að vita, í hverja átt jeg held, og með hve miklum hraða jeg fer. Þjer verðið að reyna, að gjöra yður það fyllilega ljóst, hvað orðið «hraði» þýðir, eða hvað í því felst, og til þess að þjer getið það, skulum vjer gjöra ráð fyrir, að jeg gangi út úr stofu minni, og gangi beina leið áfram í tvær eða þrjár klukkustundir, og ávallt jöfnum skrefum eða jafnhratt. Jeg verð þess þá áskynja, að jeg hef gengið á einni klukkustund þrjá fjórðunga úr mílu frá heimili mínu, og hálfa aðra mílu á tveimur stundum, og því segi jeg, að jeg gangi með svo miklum

hraða, að nemi þremur fjórðungum úr mílu á hverri klukkustund.

En ef hraðinn er eigi ávallt hinn sami, hvernig fer þá? Hugsið yður járnbraut, og að járnbrautarvagnarnir nálgist áfangastað, og taki því einmitt að hægja ferðina. Vjer skulum gjöra svo, að hraðinn hafi að upphafi verið svo mikill á vögnunum, að nemi 8 mílum á hverri klukkustund, en nú verður hraðinn æ minni, unz vagnarnir að síðustu nema staðar í áfangastað. Hversu megum vjer nú kveða á um hraðann, er hann breytist stöðugt? Eða hvað eigum vjer við, er vjer segjum, að ferðahraði vagnanna hafi numið 8 mílum á hverri klukkustund, áður en þeir tóku að hægja á sjer? Með þessum orðum eigum vjer við, að ef vagnarnir hefðu mátt halda áfram eina stund enn með sama hraða, og þeir höfðu, áður en þeir tóku að hægja á sjer, þá hefðu þeir farið 8 mílur á þessari einu klukkustund. Það er með öðrum orðum, að ef járnbrautarvagnar þessir hefðu eigi staðar numið í áfangastað, heldur haldið áfram, þá hefðu þeir verið komnir 8 mílum lengra einni stund eptir að vjer fyrst tókum eptir þeim.

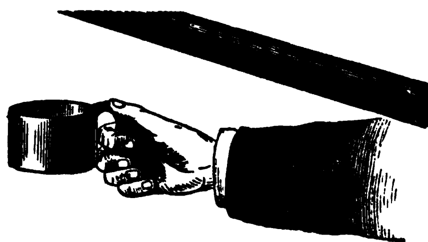
Ýmsar eru aðferðirnar til að kveða á um hraðann. Stundum er fararhraðinn talinn svo eða svo margar mílur á klukkustundu, svo sem vjer þegar höfum gjört; en stundum er betra að miða hann við fet og sekúndur; ef jeg til að mynda læt stein detta úr hendi minni niður í djúpan brunn, þá mundi jeg kveða svo að orði, að hann fjelli 16 fet á fyrstu sekúndunni, eptir að jeg sleppti honum.

Í þessum litla bæklingi, munum vjer optar miða hraðann við fet og sekúndur, en mílur og klukkustundir, og kveðum þá svo að orði, að hluturinn berist 10, 20, 30 fet á sekúndu hverri, allt eptir því sem á stendur í hvert skipti.

3. Kraptur. Hvað er það, sem hleypir af stað hverjum þeim hlut, sem áður var grafkyrr? eða hvað er það, sem stöðvar þann hlut eða líkama, sem áður var á ferð eða kviki? Það er kraptur, sem þessu veldur. Það er kraptur, sem hleypir hlutnum á stað, eða knýr hann fram, og það er kraptur, sem stöðvar hann aptur, en sá kraptur fer andspænis hlutnum, eða í gagnstæða átt. Ef mikinn krapt þarf til þess að koma hlutnum af stað, þá þarf og krapt mikinn til að stöðva hann aptur. Ef þjer takið knattsopp, þá getið þjer hleypt honum af stað, með því að slá hann með hendinni, en þjer getið og stöðvað hann með hendinni; en til þess að koma hreifingu á þungan líkama, svo sem t. a. m. stórt skip, eða marga vagna samfasta, til þess þarf mikinn krapt; það sem auðvelt veitir að hleypa af stað, það er og hægt að stöðva; það sem örðugt veitir að hleypa af stað, það er og örðugt að stöðva aptur. Þjer sjáið því, að það er einhver kraptur, er hleypir á stað hverjum hlut sem er, en það er einnig kraptur, sem stöðvar hann aptur. Það er með öðrum orðum: það, sem flytur einhvern hlut úr stað, eða stöðvar hann aptur, þá er hann er á ferð, það er nefndur kraptur.

1. Tilraun. Til að sanna þetta skuluð þjer

taka tóma tinskál grunna, eða pönnu, og láta nokkrar ertur á botn hennar, og halda henni í hægri hendi yðar; því næst skuluð þjer lypta henni snöggt upp, unz handleggurinn nemur við viðarstöng, sem fest sje lítið eitt fyrir ofan skálina. (Í stað viðarstangar getið þjer og haft vinstri handlegginn, ef þjer haldið honum beint út). Þá hafið þjer lypt upp skálinni eða pönnunni með ertunum í, og allt í einu rekizt á dauðan hlut. sem stöðvaði hönd yðar. Í fyrsta lagi er það, að þjer hafið látið



1. mynd.

skálina eða pönnuna berast upp á við fyrir krapt handleggs yðar, og skálin hefur neytt erturnar til að fylgjast með, því að það er einsætt, að þær gátu eigi eptir orðið, úr því þær lágu í skálinni. Því næst er það, að viðarstöngin stöðvaði allt í einu hægri handlegg yðar ásamt skálinni, er þjer hjelduð á; það er með öðrum orðum, að viðarstöngin neyddi hönd yðra til að nema staðar, og hönd yðar á hinn bóginn neyddi og skálina, sem þjer hjelduð á, til að nema staðar. En þessi stöðvunarkraptur vinnur ekkert á erturnar, sem liggja lausar á botni

skálarinnar; þær halda áfram að flytjast upp, þótt skálin hafi staðar numið, og margar þeirra munu hrökkva upp úr skálinni eða pönnunni, og falla á gólf niður, og dreifast þar út um allt.

2. Tilraun. Úr því þjer hafið misst svo margar niður á gólfið, þá skuluð þjer láta aðrar í staðinn á pönnuna. En þar sem þjer áður lyptuð skálinni hvatlega upp, þá skuluð þjer nú láta hana síga niður á við svo snöggt, sem þjer megið mest. Handleggskrapturinn ber þá pönnuna mjög skjótt niður á við, en hefur engin áhrif á erturnar, sem liggja lausar á pönnunni, og af því leiðir, að baunirnar fylgjast eigi með pönnunni á þessari hraðferð hennar, en drattast á eptir smátt og smátt, unz þær allar eru á tvístringi um gólfið.

Hjer skulum vjer staðar nema lítið eitt og kasta mæðinni, og íhuga, hvað vjer lærum af þessum tveimur tilraunum. Af hinni fyrri tilrauninni lærum vjer það, að þá er hreifing er komin á erturnar, svo að þær berast upp á við, þá halda þær áfram að berast upp á við, þótt pannan nemi staðar, sökum þess að stöðvunar-kraptur stangarinnar engin áhrif hefur á þær. Það þarf einhvern krapt til að stöðva hreifinguna upp á við, en þessi kraptur getur eigi komið frá trjestönginni, og erturnar halda því áfram að berast upp á við, unz aðdráttarafl jarðarinnar neyðir þær að síðustu til að leita niður að gólfinu aptur. Þjer sjáið því, að það þarf einhvern krapt, til að stöðva hvern þann hlut, sem á kviki er.

Í síðari tilrauninni hleyptum vjer skálinni eða

pönnunni niður, en handleggskraptur vor, sem olli þessari hreifingu, hefur engin áhrif á erturnar, sem liggja lausar á skálarbotninum. Þær liggja því grafkyrrar, og dratta á eptir, með því að aðdráttarafl jarðarinnar dregur þær niður, unz þær loks lenda á gólfinu. Af þessu sjáið þjer, að einhvern krapt þarf til þess að hleypa hverjum þeim hlut á stað, sem grafkyrr liggur.

Krapturinn getur því unnið tvennt, annaðhvort stöðvar hann hlut þann, sem berst áfram, eða hann hleypir af stað þeim hlut, sem liggur grafkyrr. En opt fer þó svo, að krapturinn virðist engin áhrif að hafa, þótt hann sje til. Af hverju kemur það? Það er sökum þess, að annar kraptur jafnstyrkur, sem ber í gagnstæða átt, tálmar hann. Vjer skulum gjöra ráð fyrir, að jeg haldi einhverjum þungum hlut í hendi mjer, og liggi hann á fingrunum; ef jeg þá glenni fingurna í sundur, þá dregur aðdráttarafl jarðarinnar þunga þennan skjótt niður, og niður á gólf; en á meðan jeg held fingrunum saman, þá varna jeg krapti þessum, eða aðdráttarafli jarðarinnar, að hafa nokkur áhrif, eða vinna á hlut þann, sem í hendi mjer liggur. Þjer getið og hugsað yður, að þessi hinn sami hlutur liggi á borði; ef ekkert væri borðið, mundi hann skjótt falla á gólf niður; en borðið varnar aðdráttarafli jarðarinnar að vinna, eða veitir því mótstöðu, og það er þó aðdráttarafl jarðarinnar, sem veldur því, að hver hlutur sem er fellur niður. Þunginn þrýstir á borðið, en borðið spyrnir á móti þrýstingu þessari. Þannig hafið þjer þá tvo krapta, sem berjast hvor við ann-

an, eða spyrnast á; annar krapturinn er aðdráttarafl jarðarinnar, en hinn er mótstöðu-afl borðsins.

Af öllu þessu lærum vjer því, að það er einhver kraptur, sem hleypir hverjum hlut á ferð, eða stöðvar hann aptur; en vjer lærum og það, að opt er svo, að annar kraptur berst á móti, jafnstyrkur hinum, og sem ber í gagnstæða átt, og getur hinn því ekkert á unnið.

Hinir helztu kraptar náttúrunnar.

4. Þyngdin. Jeg hef nú þegar skýrt fyrir yður, hvað orðið «kraptur» merkir. Nú skulum vjer litast um, til þess að fá að vita, hverjir eru hinir helztu kraptar, sem vjer eigum við að berjast, og hvert er hlutverk þeirra hvers fyrir sig, og hvert gagn hver þeirra vinnur. Hinn merkasti náttúrukraptur er aðdráttarafl jarðarinnar. Ef vjer höldum einhverjum hlut í hendinni, og sleppum tökum á honum, þá vitum vjer, í hverja átt vjer eigum að leita hans; vjer vitum, að hann muni eigi berast upp í skýin, nje heldur þvert til hliðar út í buskann; vjer vitum, að hann fellur niður á jörðina. Hann fellur niður, segjum vjer; og merking þessara orða, u p p og n i ð u r, hefur upptök sín frá aðdráttarafli jarðarinnar, og ef jörðin hefði ekkert aðdráttarafl, mundum vjer alls eigi við hafa orð þessi. Orðið «upp» táknar örðuga heifingu beint á móti aðdráttaraflinu, en orðið «niður» hreifingu í sömu átt og aðdráttarafl jarðarinnar ber, og sem því ljettir undir flutninginn. Það veitir örðugt að ganga upp brekkuna, en hægt að fara niður eptir henni.

Þótt vjer segjum, að jörðin dragi hlutina að sjer, megið þjer þó eigi ætla, að allir þeir hlutir eða því nær allir, sem vjer sjáum, berist niður að jörðunni. Ef svo væri, þá værum vjer sjálfir ávallt að falla; en það erum vjer þó eigi, og vjer mundum eigi óska þess, að vjer værum svo illa staddir. En hví erum vjer þá eigi ávallt að falla niður? Sökum þess, að við stöndum á gólfinu; en ef ekkert væri gólfið undir oss, þá mundum vjer falla niður til jarðar, og gólfið verður því að vera svo sterkt, að það geti borið þunga vorn; annars kostar mundi það undan láta og vjer falla niður um það. Stundum hefur það við borið, að svo mikill fjöldi manna hefur þyrpzt saman á trjepall, lopt í húsi eða húsþak, að t. a. m. pallurinn hefur eigi borið þungann og brotnað, mannfjöldinn dottið niður, og margur meitt sig til stórskemmda eða jafnvel látið lífið.

Þjer sjáið því, að jörðin dregur alla hluti að sjer, en fæstir þeir hlutir, sem vjer sjáum umhverfis oss, berast þó að jörðunni, sökum þess, að eitthvað annað ber þá, sem er nógu styrkt til þess að standast þunga þeirra. Sá eiginlegleiki hlutanna, sem vjer nefnum þunga, á því rót sína að rekja til aðdráttarafls jarðarinnar.

Þessi kraptur náttúrunnar er nefndur þyngd.

5. *Samhengi eða samloðun.* En það eru og til aðrir kraptar, en aðdráttarafl jarðarinnar. Ef vjer tökum stálþráð og reynum að slíta hann eða brjóta, þá streitist hann í mót eða beitir krapti í gegn þessari tilraun vorri, enda tekst oss eigi að slíta hann, nema því að eins, að vjer beitum meiri

krapti, en stálþráðurinn hefur í sjer til mótspyrnu. Hinir ýmsu hlutar þráðarins haldast saman fyrir krapt, sem spyrnir á móti sjerhverri tilraun að slíta þessa parta hvern frá öðrum. Og þannig fer með hina ýmsu hluta allra fastra líkama, svo sem t. a. m. viðarins, steinanna, málmanna, o. s. frv. Þeir hlutir eru margir, sem torvelt er að brjóta, beygja, mylja, eða á einhvern hátt breyta mynd þeirra eða stærð. Kraptur sá, er heldur saman hinum ýmsu hlutum einhvers líkama, er nefndur samhengi eða samloðun.

Þjer sjáið því greinarmuninn á þyngd og samhengi eða samloðun. Þyngdin er kraptur sá, sem jörðin hefur til að draga hvað eina að sjer, og nær hann langar leiðir, svo að jörðin t. a. m. dregur að sjer tunglið, sem þó er 50 þúsundir mílna frá henni. Samloðunin aptur á móti er sá kraptur, sem þeir hlutarnir, sem næstir eru hver öðrum, beita til þess að dragast saman, en þessi kraptur vinnur ekkert á, nema því að eins að hlutarnir sjeu mjög nærri hver öðrum; því að ef einhver hlutur er brotinn eða sundur mulinn, þá dragast hlutar hans naumlega saman aptur.

6. Samdráttur eða sambland frumefna (chemisk Attraction). Auk þessara tveggja krapta er samdráttur frumefnanna. Yður hefur verið sagt í stafrofi efnafræðinnar, 4. gr., að kolefni og súrefni (*oxygen*) renni saman í eitt og sameinist hvort öðru, og við sameiningu þessa myndist kolsýra. Kolefnið og súrefnið dragast hvort að öðru fyrir áhrif þau til samdráttar, er þau hafa hvert á

annað, öldungis eins og steinninn dregst niður að jörðunni. Sökum þessa samdráttar renna efni þessi saman í eitt, og úr þeim verður þá nýtt efni, sem er mjög ólíkt hvoru hinna efnanna fyrir sig. Þessi er þá kraptur sá, sem vjer nefnum efnissamdrátt, og hefur hann það einkenni, að hann á sjer stað að eins milli þeirra hluta, sem ólíkir eru hvor öðrum. Í efnafræðinni eru það einungis efni þau, sem eru ólíks eðlis, sem renna þannig saman í eitt.

7. *Not þessara krapta.* Nú höfum vjer þá sagt yður nokkuð um hina helztu krapta náttúrunnar, og skulum vjer því næst reyna að gjöra oss það ljóst, hvert hlutverk þeirra sje, og hvers vegna þeir eru til; munum vjer og brátt fá að sjá, að vjer værum illa farnir, ef kraptar þessir væru eigi. Vjer skulum í fyrsta lagi ímynda oss, að ekkert það væri til, sem vjer köllum þyngd, og að jörðin drægi engan hlut að sjer. Þá er vjer klifrum upp bratta brekku, dettur oss, ef til vill, í hug, að það væri næsta þægilegt, ef oss veitti eins auðvelt, að fara upp brekkuna eins og niður eptir henni. Vjer mundum þá óska, að engin þyngd væri til. En það væri hræðilegt, ef vjer hittum óskastundina í þessu efni, og fengjum ósk vora fyllta. Ef engin væri þyngd til, væri og enginn þungi, og oss veitti þá næsta auðvelt að komast upp brekkuna; en ef vjer lyptumst upp í loptið, kæmumst vjer aldrei niður aptur; vjer yrðum að sitja þar sem vjer værum komnir, og verið gæti, að vjer svifum burtu með öllu frá þessari jörð. Húsbúnaður vor mundi þá sumur vera á gólfinu, sumur uppi undir lopti, og sumur

svífa fram og aptur í loptinu, og sjálfir gætum vjer eins vel gengið uppi undir loptinu eins og á gólfinu. Tunglið væri þá eigi lengur bundið við jörðina, og mundi þjóta braut frá oss fyrir fullt og fast; jörðin væri þá og eigi bundin við sólina, og mundi því berast langar leiðir frá henni og upp á milli stjarnanna.

Vjer látum oss þetta nægja um þyngdina eða aðdráttarafl jarðarinnar. Nú skulum vjer íhuga, hversu fara mundi, ef ekkert samhengi eða samloðun væri til. Ef samhengiskrapturinn væri enginn, mundu smápartar hinna föstu líkama eigi tolla saman, heldur mundu hlutirnir detta sundur í smá-agnir, eða rjettara sagt: þeir mundu verða að hreinu dusti. Trjeð í borðum vorum, stólum og kistum, allt mundi það að dusti verða, og vjer mundum engan húsbúnað hafa; eins mundi fara fyrir veggjunum í húsum vorum og þekjunni á þeim, svo að vjer hefðum engin húsin að vera í, og meira að segja: það færi eigi betur fyrir sjálfum oss; í stuttu máli: allir hlutir mundu sundur leysast, og verða að ógurlegum dusthrúgum.

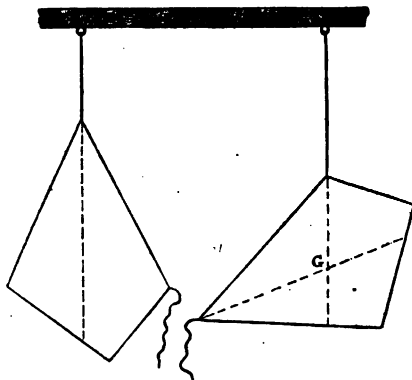
Að síðustu skulum vjer hugleiða, hversu fara mundi, ef enginn væri efnissamdrátturinn. Í fyrsta lagi mundi eldurinn hætta að loga, og það sökum þess, að kolefnið mundi þá eigi samlagast súrefni loptsins.

Því næst væri það, að engin tvö einföld efni eða frumefni mundu renna saman í eitt og samlagast hvort öðru, svo að úr þeim yrði eitt samsett efni, og þá væri ekkert til nema frumefnin, nær

sextíu að tölu, og af frumefnum þessum væri mestur hlutinn málmar, og fáeinar gufutegundir. Í slíkum heimi væri engin tilbreytni, og því síður nokkur lifandi skepna; því að líkami sjálfra vor er samsettur úr mörgum efnum, og ef efnissamdrátturinn væri að engu gjörður, mundi nokkur hluti líkama vors líða í lopt upp og samlagast því, og nokkur hluti, mestmegnis fosfór (ljósberi; glórefni), og ein eða tvær málmtegundir mundu til jarðar falla, og þannig væri úti um oss og vjer undir lok liðnir.

Hversu þyngdin vinnur.

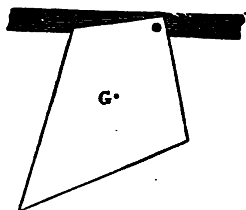
8. þungamiðja. 3. Tilraun. Vjer skulum því næst reyna að finna, hvers konar kraptur þyngdin er, og til þess skulum vjer taka járnþynnu, þannig lagaða, að hliðar hennar sjeu mislangar, í líkingu við mynd þá, sem hjer fer næst á eptir, draga síðan band í gegnum eitthvert horn hennar og hengja hana því næst upp, svo að hún komi hvergi við. Þjer munuð þá sjá, að hún hangir nokkuð sjerstaklega, og vjer drögum þá stryk þráðbeint niður eptir járnþynnunni, og stefni það með öllu beint niður frá bandinu, sem þynnan hangir í. Því næst skulum vjer draga bandið í gegnum eitthvert annað horn hennar, hengja hana upp að því búnu, og draga enn stryk niður yfir hana, beint sem bandið stefnir. Þessi tvö stryk munu mætast, þar sem G er ritað á mynd þeirri (2. myndinni), sem hjer fer á eptir.



2. mynd.

Ef vjer drögum bandið í gegnum þriðja hornið og drögum enn stryk yfir þynnuna, beint sem bandið stefnir, sem þynnan hangir í, þá mun sú reyndin á verða, að það lendir á hinum strykunum á sama stað, þar sem þau skáru hvort annað eða í G. Í skömmu máli: í gegnum hvert hornið sem vjer drögum bandið, er þynnan hangir í, mun öllum þeim strykum, sem vjer drögum yfir járnþynnuna í beina stefnu frá bandinu, lenda saman á sama stað G, og þessi depill verður ávallt beint undan bandinu, sem þynnan hangir á. Og ef vjer lyptum þynnunni upp, þar sem hún hangir, og sleppum henni síðan, mun hún leita í sömu stöðu og hún áður hafði. Hvað er þá þessi depill G? Vjer skulum draga stálþráð í gegnum þynnuna beint í G, og þá mun sú raun á verða, að jafnvægi er á þynnunni umhverfis G, rjett eins og allur þungi hennar hefði dregizt þar saman. Depilinn

G köllum vjer þungamiðju járnþynnunnar, og ef vjer hengjum járnþynnuna neðan í band, svo að hún hangi í lausu lopti, mun hún ávallt hanga svo, að þungamiðja hennar verður svo neðarlega sem auðið er. Ef vjer hengjum hana eigi í band, heldur á snaga, mun hún reyna til, að snúa sjer svo, að depillinn G verði sem neðst að auðið er,



3. mynd.

og eigi mun hún kyrr hanga, þótt hún sje hengd á snagann þannig, sem gjört er á þriðju myndinni, heldur snúast þangað til, að depillinn G er kominn beint niður undan snaganum.

9. Jafnvægið. Sjerhver hlutur hefur einhvern þess konar depil, sem vjer nefnum þungamiðju hans. Metaskálar þær, sem þjer sjáið í 24. gr. hjer á eptir, hafa og þungamiðju sína, eins og hver annar hlutur; og munu þær og leitast við að láta þungamiðju sína lenda svo neðarlega, sem auðið er, að öllu eins og járnþynnan.

Sje jafnmikill þungi á báðum metaskálunum, er þungamiðjan einhverstaðar beint niður undan því, sem skálarnar hanga á, og stingi jeg við þeim hendinni, svo að önnur skálin dragist nokkuð niður, munu þær þó að síðustu ná jafnvægi sínu

aptur, er þeim er sleppt og þær látnar sjálfar ráða sjer. Það er með öðrum orðum, að þá er þunginn er jafnmikill í báðum skálunum, munu þær ávallt haga sjer svo, að mundangið eða jafnvægisvísirinn bendi beint á miðjuna. Þá er jeg vil vega einhvern hlut og legg hann því á aðra skálina, og lóð á hina, þá get jeg átt það með öllu víst, að hluturinn þá er jafnþungur lóðunum, er jafnvægisvísirinn bendir beint á miðjuna, eða stendur þráðbeint upp og niður. En ef hlutur sá, er vega skal, er eigi eins þungur og lóðin, þá mun vogarstöngin hallast til þeirrar hliðarinnar, sem lóðin eru; en sjeu lóðin ljettari, þá mun hún hallast til hinnar hliðarinnar, og þá jafnvægisvísirinn einnig.

4. Tilraun. Leggi jeg t. a. m. málmstykki á aðra metaskálina og 3 marka lóð á hina, og sígi þá sú skálin niður, sem málmstykkið er á, þá er það sönnun þess, að málmstykkið er þyngra en lóðin, eða vegi meira en 3 merkur. Bæti jeg því næst við merkurlóði, svo að lóðin öll verði 4 merkur, og verði sú raunin á, að sú skálin dragist þá niður, þá er það vottur þess, að lóðin eru þyngri en málmstykkið, eða að það vegur eigi 4 merkur. Málmstykkið vegur þá milli þriggja og fjögra marka. Nú skulum vjer reyna $3^1/_2$ mörk, og verði þá sú raun á, að jafnvægisvísirinn stefni beint á miðjuna, eða með öðrum orðum: standi þráðbeint upp og niður, og vogarstöngin sje öldungis lárjett, þá má af því sjá, að málmstykkið vegur hálfa fjórðu mörk, og hvorki meira nje minna.

Hlutirnir eru þrenns konar.

10. Þjer hafið þegar sjeð, að vjer getum eigi án verið hinna ýmsu náttúrukrapta; og ef einn hlutinn drægist eigi að hinum hlutunum, mundi heimurinn alls eigi vera til. Þjer hafið og sjeð, að ef engin væri samloðun eða samhengi, væru allir hlutir dust eitt. Jeg verð þegar að lýsa því fyrir yður, að ef allir hlutir loddu mjög fast hver við annan, værum vjer nær því eins illa farnir, því að þá væri hvorki til lögur eða gufa, hvorki vatn nje lopt. Agnirnar í járnmilti eða stálbút loða mjög fast saman, og er það því afar-örðugt, að höggva eða brjóta hvort um sig í sundur, járnmiltið og stálbútinn. Aptur á móti hefur vatn og kvikasilfur, hvort um sig, því nær ekkert samloðunarafl, og hver snerting, hversu lítil sem er, mun sundra vatninu og kvikasilfrinu í allar áttir. Þó hafa vökvar þessir nokkurn samloðunarkrapt, þótt lítill sje, og munuð þjer sjá það á tilraunum þeim, sem á eptir fara.

5. Tilraun. Þjer skuluð taka ofurlítið af kvikasilfri, og leggja á sljett og flatt gler. Ef þjer þá þrýstið á það fingrinum, getið þjer látið það sundrast, svo að úr verði margar smákúlur. Smákúlur þessar eru vottur þess, að smá-agnir kvikasilfursins loða saman; því að ef þjer takið annað glerið, sem sje einnig sljett og flatt, getið þjer með því þrýst svo að þessum smákúlum, að þær verði flatar. En ef þjer takið glerið í brott aptur, hleypur kvikasilfrið að nýju í kúlur.

6. Tilraun. Þjer skuluð taka lítið eitt af

vatni og stökkva því á einhvern þann flöt, er viðsmjör eða feiti sje á dregin, og munuð þjer þess vísir verða, að vatnsdroparnir eru allir hnattmyndaðir, eigi ólíkt kvikasilfurskúlunum, og er það vottur þess, að smáhlutar vatnsdropanna tolla saman.

Aptur á móti hafa smáhlutar gufunnar, svo sem t. a. m. loptið, sem vjer að oss öndum, engan eiginlegleika þess, að loða hver við annan, heldur hættir þeim þvert á móti mjög við, að greinast hver frá öðrum. Þeir munu því firrast hver annan, nema því að eins, að einhver sje sá kraptur, er aptri þeim.

Þjer sjáið því, að þrjú eru aðaleinkenni hlutanna, og mjög ólík; þeir geta verið fastir, rennandi eða loptkenndir, og hver þessara þriggja tegunda hefur sína sjerstaklegu eiginlegleika, er greina þær hverja frá annari.

11. Fastir hlutir. Hver fastur líkami, svo sem t. a. m. járnbútur eða viðarbútur, spyrnir í gegn sjerhverri tilraun til að breyta lögun hans og stærð, og heldur ávallt sömu lögun og stærð eða fyrirferð, nema því að eins að ofurefli sje beitt við.

12. Rennandi hlutir eða vökvar. Hver vökvi, t. a. m. vatnið, þegar honum er hellt í flösku eða hvert ílát sem er, breiðist hann ávallt út af sjálfsdáðum, unz yfirborð hans er orðið jafnt, en þó tekur hann ávallt jafnmikið rúm upp. Ef þjer takið pela vatns, getið þjer með engu móti komið honum í hálfpela-ílát, þótt þjer neytið allrar orku, og hverjum kröptum sem þjer beitið. Lögurinn

þarf sitt fulla rúm; en lögunin getur breytzt eptir ílátinu, sem hann er í.

13. Loptkenndir hlutir eða lopttegundir. Enginn loptkenndur líkami hefur nokkurt ákveðið yfirborð. Ef þjer takið svo eða svo mikið af gufu, og látið hana í galtómt ílát, mun hún taka upp allt ílátið og fylla það. Lopttegundirnar þurfa og eigi eins ákveðið rúm og lögur eða rennandi líkami, því að sje hæfilega miklum krapti beitt, má þrýsta lopti því, sem fyllir pelaflösku, svo mjög saman, að það komist í hálfpelaflösku eða þaðan af minna ílát, ef að eins nógur kraptur er við hafður; en svo sem áður er sagt, er eigi auðið að þrýsta nokkrum legi saman, eða gjöra hann fyrirferðarminni, en hann áður var.

Eiginlegleikar fastra líkama.

14. Aðaleinkenni fastra líkama er það, að þeir hafa eigi að eins ákveðna stærð, og taka því upp ákveðið rúm, heldur hafa og ákveðna lögun eða mynd.

7. Tilraun. Fjórða myndin, sem hjer fer næst á eptir, sýnir yður tvö ílát, flösku og skál, sem eru næsta ólík að lögun, en þó jafnstór að rúmmáli, og ef þjer fyllið annaðhvort þeirra með vatni, og hellið síðan vatninu yfir í hitt ílátið, þá mun það og fullt verða.

Fyrir neðan þessi tvö ílátin sjáið þjer tvo viðarkubba, sem báðir eru eins í laginu, en annar þeirra er miklu stærri en hinn; þeir eru misstórir.



4. mynd.

Nú sjáið þjer, hvað átt er við, þegar talað er um stærð eða rúmfylling (bæði orðin þýða hið sama), og við hvað átt er með lögun eða mynd líkamanna. Ef þjer takið einhvern þann fastan líkama, er sje að lögun eins og flaska, þá getið þjer eigi þrýst honum svo saman, að hann verði öðruvísi að lögun, t. a. m. eins og skál, enda þótt flaskan og skálin taki upp jafnmikið rúm. Eins fer, þótt þjer takið stærri viðarkubbinn; þjer getið eigi þrýst honum svo saman, að hann verði eigi fyrirferðarmeiri en minni kubburinn, þótt báðir sjeu þeir eins skapaðir. Hver fastur líkami heldur óbreyttri hvort heldur er lögun sinni eða stærð.

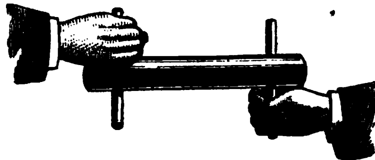
Þjer verðið þó að festa það í minni yðru, að þá er vjer segjumst eigi geta gjört eitthvað, þá eigum vjer í rauninni við, að vjer getum eigi gjört það nema með mikilli fyrirhöfn, og þó eigi til fullnaðar, heldur að eins að nokkru. Hvað vjer eigum

við með orðum þessum, verður ljósast af nokkrum einföldum tilraunum.

8. Tilraun. Jeg ætla að taka járnmilti, og fyrst reyni jeg þá að höggva það í sundur í einu höggi; en jeg vinn ekkert á.

Því næst ætla jeg að reyna að teygja dálítið úr því, og hengi það því upp á öðrum endanum, en í þann endann, sem niður veit, hengi jeg eitthvað ákaflega þungt; en miltið teygist ekki að heldur.

Þessu næst rek jeg tvo gadda eða teina, sinn í gegnum hvorn enda þess, svo sem sjá má á 5. myndinni, og reyni til að vinda það; en jeg fæ ekkert að gjört.



5. mynd.

Að því búnu set jeg miltið upp á borð, og reisi það þar upp á annan endann, og legg á þann endann, sem upp veit, fjarska-mikinn þunga, og reyni þannig að þrýsta því saman; það verður og árangurslaust; jeg get eigi þrýst því saman.

Loksins hengi jeg miltið upp lárjett, t. a. m. á sterka járngadda, sinn í hvorum enda þess, eða legg það svo, að endar þess liggi á einhverju, en holt

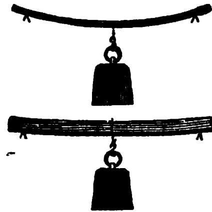
sje undir miðjunni, síðan legg jeg einhvern þunga á miðjuna, og ætla þannig að beygja það; en miltið bognar alls eigi.

Járnmilti þetta verður hvorki brotið, teygt, undið, beygt, eða því þrýst saman, og er það því ágætt dæmi um fasta líkama; en ef jeg beiti nægum krapti, skal þó þetta hið sama milti bæði teygjast, vindast, ganga saman og bogna. Og í raun rjettri hef jeg bæði teygt það og undið, þrýst því saman og beygt það í tilraunum þeim, sem jeg þegar hef lýst, en eigi svo mikið, að sjá mætti. Hversu mikið jeg get teygt járnmiltið eða undið, þrýst því saman eða beygt það, er allt undir því komið, hversu miklum krapti jeg við það beiti, og í eðlisfræðinni reynum vjer að finna hlutfallið á millum kraptanna, sem vjer neytum, og áhrifanna, eða þess, sem vjer á orkum. Jeg get eigi sagt yður það allt út í æsar að þessu sinni; það mundi taka ærinn tíma, en vjer skulum taka eitt af þessum atriðum, t. a. m. beyginguna, og reyna að finna, á hvern hátt að hún er komin undir krapti þeim, sem vjer neytum.

15. Beyging. 9. Tilraun. Vjer skulum taka viðarbjálka, og leggja hann lárjettan, þannig að báðir endarnir liggi á fastri undirstöðu, en að öðru sje bjálkinn á lopti, og að því búnu skulum vjer hengja einhvern mikinn þunga á miðju hans. Því næst skulum vjer mæla með kvarða eða stiku, hversu mikið bjálkinn hafi bognað í miðjunni undir þunganum. Því næst skulum vjer tvöfalda þungann, sem hangir á miðjum bjálkanum, og mæla

síðan, hversu mikil bugðan þá er orðin á miðjum bjálkanum, og mun sú raunin á verða, að hún er þá orðin hálfu meiri en í fyrra skiptið, er þunginn, sem hjekk á bjálkanum, var að eins helmingur við hinn síðari þungann. Það er með öðrum orðum, að b u g ð a n e ð a b e y g i n g i n e r þ v í n æ r í r j e t t u h l u t f a l l i v i ð þ u n g a þ a n n, s e m á e r l a g ð u r.

10. Tilraun. Vjer skulum enn taka sama bjálkann, og reisa hann á rönd, þannig að þykkt hans upp og niður verði meiri en breiddin, og síðan leggja á sama þunga og áður. Þá verður sú raunin á, að bjálkinn hefur hvergi nærri bognað svo mjög sem áður.



6. mynd.

16. Sterkleikur efnisins. Þá er húsasmiður á að nota stóra viðarbjálka til húsagjörðar, verður það haganlegast fyrir hann, að leggja bjálkana þannig, að þykktin verði sem mest upp og niður, því að þá er bjálkarnir liggja svo, láta þeir langminnst undan þunga þeim, sem á þeim liggur, og styrkleikur þeirra verður mestur.

Hver húsasmiður, og hver sá, er smíðar eitthvað í þá líkingu, verður að hafa nákvæma þekkingu á sterkleik hinna ýmsu smíðisefna, og hversu hann eigi að koma þeim svo fyrir, að sterkleikurinn verði sem mestur, og efnið þó sem allra-minnst,

það er með öðrum orðum: hann á að vita, hversu efnið verði sem haganlegast notað, hvort heldur járn eða trje.

Annað atriði, sem húsasmiðurinn verður að hafa hugfast, er það, að smíða húsið eða brúna eða hvað annað svo rammgjört, að það beri fimmfaldan eða sexfaldan þann þunga, sem nokkru sinni verður mestur á það lagður. Stundum getur svo að borið, að húsið sje svo rammgjört, að það þoli þunga mikinn á loptinu, eða brúin svo styrk, að hún standist, þótt fjarska-miklum þunga sje yfir hana ekið, og brotni eigi alveg; en loptið í húsinu getur svignað svo mjög, að það taki ekki við sjer aptur, og brúin svignað á líkan hátt svo, að hún rjetti eigi alveg við aptur, er þunginn er kominn braut af henni. En ef svo er, verður loptið æ veikara í hvert skipti, og líkur þungi er á það lagður, og eins fer um brúna. Bæði loptið í húsinu og brúin munu svigna æ því meir, unz hvort um sig loks lætur undan og brotnar. Húsasmiðurinn og aðrir þess konar smiðir verða því vendilega að bera umhyggju fyrir, að smíðum þeirra aldrei sje nein hætta búin að svigna svo, að þær taki eigi fyllilega við sjer aptur.

17. Núningur. Áður en vjer hverfum frá hinum föstu líkömum, ætlum vjer að fara fáeinum orðum um núning. Ef jeg legg eitthvað afarþungt á borðið, þá þarf mjög mikinn krapt til að færa það úr stað eða draga það eptir borðinu. En ef borðið væri úr marmara gjört, og eigi úr við, þá mundi miklu minni krapt til þess þurfa, að draga

þunga þennan áfram, og ef sami hluturinn lægi á hálum og glæjum ís, mundi enn minni krapt til dráttarins þurfa. Kraptur sá, sem gjörir mjer það erfitt, að ýta þunganum áfram, er nefndur n ú n i n g u r.

Ef enginn væri núningurinn, værum vjer því nær eins illa farnir, eins og vjer værum án hinna kraptanna, sem vjer höfum áður nefnt. Ef enginn væri núningurinn, gengjum vjer ávallt sem á hálum ís, og þegar nokkur hallandi væri, gæti þar ekkert staðar numið, en rynni niður eptir og niður á jafnsljettu.

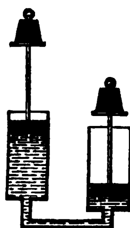
Eiginlegleikar vökvanna eða hinna rennandi efna.

18. Vökvarnir eru ávallt jafnmiklir fyrirferðar. Oss veitir næsta auðvelt að flytja smáhluta hvers vökva sem er, t. a. m. vatnsins, hverja innan um aðra, en vjer getum eigi með nokkru móti þjappað þeim svo saman, að þeir taki upp minna rúm, eða til að mynda komið tveim mörkum lagar í merkur-ílát.

11. Tilraun. Vjer skulum þó reyna það, og vita, að hverri niðurstöðu vjer komumst; því að vjer eigum alla-jafna að gjöra tilraunir, ef auðið er. Vjer skulum taka nokkuð af vatni, og láta í pípu, sem lokuð sje í annan endann, en í hinum endanum sje tappi eða bulla, sem falli svo við pípuna, að ekkert megi á milli komast. Því næst skulum vjer reyna að reka tappann niður, til þess að þjappa vatninu svo saman, að það taki upp

minna rúm, og leggja því mikinn þunga ofan á tappann eða bulluna. En hversu sem vjer að förum, og hversu mikinn þunga sem vjer leggjum ofan á tappann, getum vjer ekkert á unnið.

19. Vökvarnir þrýsta að. *12. Tilraun.* Vjer skulum taka pípu, sem opin sje í báða enda, fylla hana með vatni, og setja síðan bullu í báða enda hennar. Ef vjer þá rekum aðra bulluna niður, mun hin færast upp. Ef vjer leggjum fjórðungslóð á hvora bulluna um sig, þá mun hvorug færast til, og þær vega hvor á móti annari.



7. mynd.

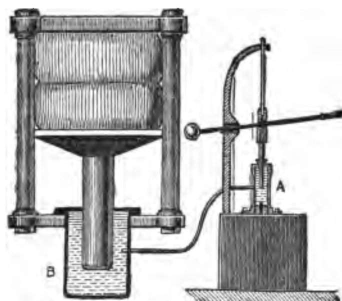
13. Tilraun. Í hinni síðustu tilraun stóðu báðar bullurnar þráðbeint upp og niður, eins og sýnt er á 7. myndinni. En nú skulum vjer koma þeim svo fyrir, að önnur standi þráðbein upp og ofan, en hin gangi lárjett inn að vatninu, og haga þannig til, að vjer getum þrýst á hina lárjettu bulluna svo, að svari fjórðungsþunga. Ef vjer jafnframt leggjum fjórðungsþunga á þá bulluna, er stendur þráðbeint upp og ofan, verður enn jafnvægi á. Leggjum vjer aptur á móti 12 pund á þá bulluna, sem stendur þráðbeint upp og ofan, munum vjer þrýsta hinni lárjettu bullunni út úr kerinu; og ef vjer á hinn bóginn þrýstum svo á hina lárjettu, að sú þrýsting svari 12 punda þunga, mun hin bullan spýtast upp. Þannig getum vjer með vatninu breytt þrýstingu þeirri, sem fjórðungsþungi veldur og sem beint var niður á við á bullu

þá, sem stóð þráðbeint upp og ofan, þessari þrýstingu getum vjer breytt þannig með vatninu, að hún verði jafnmikil út á við, eða á lárjettu bulluna. Þannig sjáið þjer, að hver lögur, sem er, t. a. m. vatn, þrýstir á alla vegu frá sjer. Þetta var fyrst sýnt og sannað af frakkneskum náttúrufræðingi, *Pascal* að nafni.

14. Tilraun. Við þessa tilraun höfum vjer tvær bullur, er báðar standa upp og ofan, en annað bulluhöfuðið er helmingi stærra en hitt. Ef vjer leggjum fjórðungsþunga ofan á minni bulluna nægir eigi að leggja annan fjórðung á stærri bulluna, svo að jafnvægi haldist á milli þeirra; til þess verður að leggja 20 pund eða tveggja fjórðunga þunga á stærri bulluna. Ef stærri bullan væri þrefalt stærri, þá þyrfti 3 fjórðunga þunga til að halda jafnvægi við einn fjórðung á minni bullunni. Af þessu sjáum vjer þá eigi að eins, að þegar annari bullunni er þrýst niður, þá gengur hin upp, heldur og að þrýstingin upp á við stendur í rjettu hlutfalli við yfirflöt bullunnar, þannig að þrýstingurinn á stærri bulluna verður 2, 3, 4 sinnum meiri en á minni bulluna, allt eptir því, hvort stærri bullan er 2, 3, 4 sinnum breiðari en hin minni.

20. Vatnsfarg. Þetta er mikilsvarðandi eiginlegleiki hjá vatninu, og er enda til vjel, sem er þannig smíðuð, að vatnið er haft til að láta hana vinna; enda megnar hún og mikið. Frumsmiður hennar er *Bramah* nefndur, og er hún við hann kennd. 8. myndin er eptirmynd slíkrar vjelar. Þjer sjáið þar tvo ullarsekki, og viljum vjer

þjappa þeim saman sem mest vjer megum, svo að þeir verði sem fyrirferðarminnstir og taki upp sem



8. mynd.

minnst rúm, að auðið er, er þá skal flytja t. a m. á milli landa. Vjer sjáum enn fremur í vjel þessari tvær bullur, aðra stóra en hina litla, og er yfirborð hinnar stóru bullunnar hundrað sinnum stærra en hinnar litlu. Ef jeg legg 100 pund á minni bulluna, þá verð jeg að legga 10,000 pund á hina stærri, ef þær skulu í jafnvægi haldast, og af því leiðir þá, að þegar jeg legg 100 pund á litlu bulluna, þrýstir hin stærri á ullarsekkina með 10,000 punda þunga, og er þá auðsætt, að þeir munu ganga ákaflega mikið saman. Það ber því að sjálfsögðu brýna nauðsyn til, að sjerhver hluti slíkrar vjelar sje mjög traustur og felldur vel við hina; að öðrum kosti mundi vatnið streyma út með ákaflega miklu afli í gegnum hverja smugu, eða og sprengja vjelina.

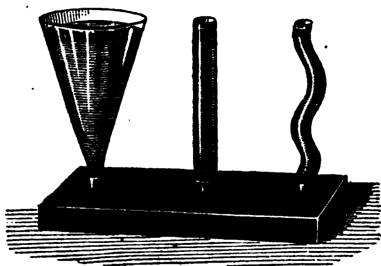
21. Yfirborð lagar er sljett. Hinn næsti

eiginlegleiki lagar er sá, að hann hagar sjer ávallt svo, ef hann má sjálfráður vera, að yfirborðið er alla-jafna flatt og sljett. Yður mun skiljast það, að yfirborðið getur með engu móti verið skáhallt; því að efstu hlutarnir hlytu að renna niður til hinna neðri hlutanna, þar sem engin er fyrirstaðan fyrir núnings sakir. Af rúmfræðinni getum vjer lært það, að ef vjer tökum band, festum blýlóð við annan enda þess, og hengjum það svo upp á hinum endanum, þar sem vatn er undir, gengur það þráðbeint niður að vatninu, en gengur eigi á ská í neina átt, og þetta getum vjer sannfærzt um með einföldu móti.

15. Tilraun. Þjer skuluð taka flösku með kvikasilfri í, og hella öllu kvikasilfrinu úr henni í grunna skál; því næst skuluð þjer setja skálina öldungis lárjetta, svo að kvikasilfrið hylji allan botn hennar. Að svo gjörvu skuluð þjer hengja band með blýlóði í neðri endanum yfir skálinni, og munuð þjer þá verða þess vísir, að endurskin bandsins í kvikasilfrinu stefnir eins og bandið sjálft, og bandið og endurskin þess virðast vera áframhald hvors annars. Af þessu má þá sjá, að bandið gengur eigi skáhallt niður að kvikasilfrinu; því að ef svo væri, þá hefði endurskinið aðra stefnu en bandið sjálft og mundi þar verða bugða á, er bandinu og endurskini þess lenti saman.

16. Tilraun. Þótt lögurinn sje látinn í ýmislega löguð ílát, mun hann þó ávallt verða jafnhátt í þeim öllum, ef nokkur er samgangur milli ílátanna, og stendur það á sama, hversu kerin

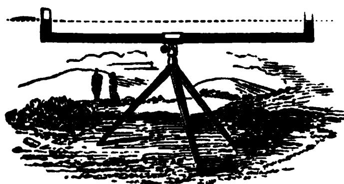
eru löguð; þannig mun lögurinn í kerinu til vinstri handar í 9. myndinni ná jafnhátt og í kerinu til hægri handar. Vjer þurfum eigi annað, en fylla



9. mynd.

nokkur af þessum hinum skringilegu ílátum með vatni til að sannfærast um þetta. Þjer sjáið, að vatnið er jafnhátt í þeim öllum.

22. Hallamælir. Út úr þessu ætla jeg að fara nokkrum orðum um hallamælinn. Hann sjáið þjer á 10. myndinni. Ef jeg legg augað við annan arminn á hallamælinum beint við yfirborð vatnsins þannig, að það beri öldungis í yfirborð vatnsins í



10. mynd.

hinum arminum, get jeg gengið að því vísu, að jeg horfi í alveg lárjetta stefnu, og að allt það í nánd-

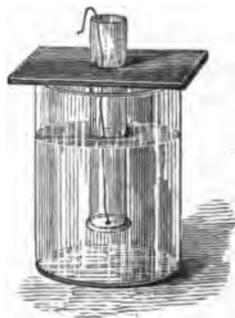
inni, sem jeg sje beint út undan yfirborði vatnsins, er því jafnhátt, og ef t. a. m. flóð kæmi mikið, mundi það ná því öllu á sama vetfangi.

Það er opt og einatt áríðandi að vita, hverjir hlutir ná jafnhátt upp. Hver sá maður, sem grafa á skurð, eða gjöra járnbraut, verður að vita þetta, og til þess að fá vissu um það, verður hann að við hafa einhvers konar hallamæli; en hallamælar geta verið með ýmsu móti.

23. Áþrýsting vatnsins. Vjer skulum taka djúpt ker og fylla það vatni. Yður mun þá hæglega skiljast, að það vatnið, sem er ofan til í kerinu, eða hin efri lögin þrýsta á þau lögin, sem við botninn eru, og að þessi þrýsting á neðstu lögin verður eptir því meiri, sem kerið er dýpra, og meira vatn liggur ofan á þeim, eða því lengra þau eru frá yfirborðinu. Á þeim lögunum, sem eru tvö fet niður frá yfirborðinu, liggur hálfu meira vatn, en á þeim lögunum, sem að eins eru eitt fet niður frá því, og þrýstingin á þeim verður því og helmingi meiri. Það er með öðrum orðum, að þrýsting vatnsins stendur í rjettu hlutfalli við dýptina.

17. Tilraun. Þessi þrýsting verður eins upp á við og út til hliðanna, eins og niður á við. Til að sannfæra yður um þetta, skulum vjer taka eitthvert ílát og fylla vatni; því næst skulum vjer bora gat á hlið þess heldur ofarlega; mun þá vatnið streyma út sökum þrýstingarinnar að ofan, en þó eigi með mjög stríðu straumfalli. Því næst skulum vjer bora gat á ílátið rjett niður við botn-

inn, og mun vatnið streyma þar út með miklu stríðari straum, en það gjörði um fyrra gatið; því að þrýstingin er þar miklu meiri en efst í ílátinu sökum vatnsþungans, sem á liggur. Til þessarar tilraunar getum vjer haft kút, með tveimur divikum í, sínum skammt frá hvorum botninum. Þetta látum vjer nægja um þrýstinguna til hliðarinnar. Nú skal jeg reyna að sýna fram á, að vatnið þrýstir einnig upp á við, eða ýtir ýmsum hlutum upp. Vjer segjum stundum um þess konar þrýstingu vatnsins, að vatnið beri það eða það. Til þessa hef jeg víða sívala glerpípu, botnlausa eða opna í báða enda. Jeg hef og sljetta lausa glerflögu, sem fellur vel við annan enda glerpípu þessarar, og í henni hef jeg band, sem gengur upp í gegnum glerpípuna, og með því held jeg glerflögunni svo fast að pípu-endanum neðri, að ekkert vatn geti á milli komizt, og rek síðan pípuna niður í eitthvert það ílát, er fyllt sje vatni; þótt jeg þá sleppi bandinu, mun glerflagan eigi falla frá pípu-endanum, því að vatnið þrýstir á hana að neðan og heldur henni uppi. Því næst tek jeg vatn, sem litað er með blásteini, og helli í pípuna; flagan hangir föst við pípuna allt um það, og sígur þá fyrst niður, er vatnið í pípunni tekur hjer um bil jafnhátt



11. mynd.

upp og vatnið í ílátinu; því að þá er þrýstingin á glerflöguna af bláa vatninu innan í glerpípunni orðin jafnmikil og þrýstingin á hana að neðan af vatninu í ílátinu sjálfu.

Ef einhverju sinni skyldi svo til vilja, að einhver yðar væri á bát á sjó úti, þar sem dýpi væri talsvert, veitir yður hægt að sannfærast um áþrýsting vatnsins. Þjer skuluð taka algenga þriggjapela-flösku og rúmlega hálffylla hana með vatni; því næst skuluð þjer láta í hana góðan korktappa, binda taug um hana, og sökkva henni síðan niður í sjó. Komist hún þá nógu langt niður, mun vatnið að utan þrýsta tappanum niður í flöskuna; svo þrýstir það fast að; og er þjer dragið flöskuna upp aptur, mun hún reynast full af sjó og tappinn kominn niður í hana.

24. Vatnið ljettir undir það, sem sökkt er niður í það. Undirljettir eða burðarafl vatnsins. Látum oss því næst reyna, að gjöra oss ljósa og skýra hugmynd um það, hversu vatnið má ljetta undir hlutina, og í því skyni skulum vjer gjöra eina eða tvær tilraunir.

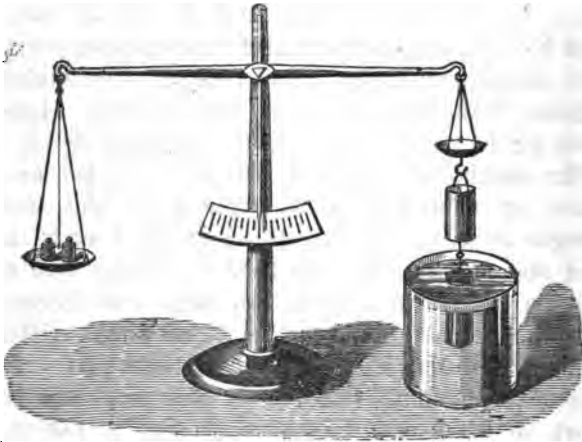
18. Tilraun. Vjer skulum taka metaskálar vorar, sem vjer höfum áður um talað (á 16. bls.). Vjer skulum gjöra svo, að vjer hefðum einhvern þann hlut, sem vægi 10 kvint, er hann væri veginn í lausu lopti, eins og venja er til. Þennan hlut skulum vjer hengja neðan í skálina til hægri handar, setja þar undir ílát með vatni, og haga svo til, að hluturinn verði allur niðri í vatninu, og vega svo. Hver verða þá leikslok? Það getur þá farið svo, að

þessi hlutur virðist alls engan þunga að hafa, og jeg verði að leggja á skálina hægra megin 10 kvint eða fullan þunga hlutarins, til þess að fá aptur jafnvægi á móti þeim 10 kvintum, sem á hinni skálinni eru, eða þá taka þau 10 kvintin á braut.

19. Tilraun. Er þetta þá svo að skilja, að hlutur þessi, hver helzt sem er, missi allan þunga, er honum er hleypt niður í vatn? Vjer skulum gjöra tilraun til, hvort svo sje eða eigi. Fyrst tek jeg þá eitthvert ílát hálffullt af vatni, og set á aðra skálina og jafnþunga þess á hina; því næst læt jeg niður í vatnið einhvern þann hlut, sem vegur 10 kvint, og mun þá sú raunin á verða, að sú skálin sígur niður við það, svo að jeg verð að leggja 10 kvint á hina skálina, til þess að jafnvægi verði. Á þessu getið þjer sjeð, að í raun rjettri missir hluturinn ekkert af þunga sínum þótt hann sje í vatn látinn. Þunginn er hinn sami enn þá, því að ílátið er 10 kvintum þyngra, en það var, áður en hluturinn var í það látinn; en hann virðist að missa þunga sinn sökum þess, að vatnið ljettir undir, og ýtir honum upp.

20. Tilraun. Vjer skulum ímynda oss, að vjer höfum koparsívalning eða sívalt koparkefli (12. mynd), og fylli það vendilega út í hola pípu. Vjer skulum því næst hengja hina holu pípu á krók neðan í aðra metaskálina, og koparkeflið aptur neðan í pípuna og síðan láta svo mikinn þunga á hina skálina, að jafnvægi verði á skálunum. Því næst setjum vjer eitthvert ílát með vatni undir koparkeflið og bögum svo til, að keflið lendi allt niðri í vatninu

og vegum það svo ; mun þá skálin til hægri handar lyptast upp. Koparkeflið hefur misst í vatninu nokkurn hluta þunga síns, er það var vegið í lausu lopti,



12. mynd.

en þó eigi allan. Til þess að komast að raun um, um hve mikið keflið hefur ljetzt, hellum vjer vatni í hola sívalninginn, sem vjer hengdum neðan í skálina. Þá er vjer höfum fyllt hann algjörlega vatni, verður jafnvægi á skálunum aptur, eða með öðrum orðum: nú er það bætt upp, sem koparkeflið varð ljettara, er það var vegið í vatninu. Nú skulum vjer minnast þess, að koparkeflið fyllti vandlega út í hola sívalninginn, og höfum því bætt við svo miklu vatni, að tekur upp hið sama rúm sem keflið, og

það vatn bætir upp þungamissi keflisins; svo að aptur verður jafnvægi á. Þetta á og við hvern annan hlut. Vjer getum því sagt, að þá er einhver hlutur er í vatni veginn, ljettist hann um jafnmikið, og það vatn vegur, sem tekur upp jafnmikið rúm og hann.

25. Flot á vatni. Ef því einhver hlutur, er honum er sökkt í vatn niður og svo veginn, reynist þyngri en vatn það, sem tekur upp jafnmikið rúm, þá ljettist hann um jafnmikið og vatn þetta vegur, en hann missir þó eigi allan þunga sinn, sökum þess að hann er þyngri en vatnið, og af þeim sökum mun hann til botns sökkva, ef hann er sjálfráður.

21. Tilraun. Ef hluturinn aptur á móti vegur jafnmikið og vatn það, er fyllir jafnstórt rúm, svo sem gjört var ráð fyrir í 18. tilrauninni, þá missir hann í vatni allan þunga sinn; hann sökkur heldur eigi, og eigi heldur skýtur honum upp aptur; hann svífur fram og aptur í vatninu, þar sem hann er látinn, svo sem hann engan þunga hefði.

En hvernig fer þá, ef hluturinn er ljettari en vatn það, sem fyllir jafnmikið rúm. Hversu má hann ljettast um meira en sinn eiginn þunga? munuð þjer spyrja. Vjer skulum enn gjöra tilraun, og sjá, hversu þá fer.

22. Tilraun. Nú tek jeg viðarkubb; hann vegur minna en vatn það, sem fyllir rúm hans; jeg sting honum niður í vatn og held honum svo, að vatn standi yfir; jeg mun þá verða þess áskynja, að þrýsting vatnsins upp á við er meiri en þungi

viðarkubbsins, og vatnið þjappar honum því upp á yfirborðið, og þar flýtur hann.

Árangurinn af öllum þessum tilraunum verður í fyrsta lagi sá, að sjerhver hlutur missir jafnmikið af þunga sínum, er hann er í vatni veginn, og vatn það vegur, sem fyllir rúm hans; og í öðru lagi því að sjálfsögðu, að ef hluturinn er þyngri en vatnið, mun hann sökkva til botns; ef hann er jafnþungur vatninu, mun hann kyrr verða í vatninu, þar sem hann er látinn, og ef hann er ljettari en vatnið, þá flýtur hann ofan á vatninu.

26. Samanburður á þjettleika eða eðlisþyngd. Nú ætla jeg að sýna yður, að vjer höfum fundið ráð til að geta sagt yður, hve miklu þyngri hver hlutur er en vatn það, sem fyllir jafnmikið rúm.

23. Tilraun. Vjer skulum taka dálítið stykki gulls, sem vegi 19 kvint í lausu lopti; það er þungi stykkisins. Því næst hleypum vjer því niður í vatn og vegum það í vatninu, og þá verður sú reyndin á, að það vegur á þann hátt að eins 18 kvint; það missir þá þannig vegið 1 kvint af þunga sínum. Þessi þungamissir er þá jafn þunga vatns þess, sem fyllir sama rúm og gullstykkið; eða með öðrum orðum: vatn það, sem fyllir sama rúm og gullstykkið, vegur 1 kvint, og gull er því 19 sinnum þyngra en vatn það, sem tekur upp jafnmikið rúm. Af þessum sökum er það, að vjer kveðum svo að orði, að eðlisþungi gullsins sje 19. Að sömu niðurstöðu komumst vjer, hversu stórt sem gullstykkið er, eða hversu í lögun. Ef einhver aptur á móti fengi oss málm-

stykki, sem eigi væri ósvikið gull, en líktist því, þá væri það engum vafa bundið, að það reyndist eigi 19 sinnum þyngra en vatn, ef vjer vægjum það niðri í vatni. Þessi aðferð til að kveða á um eðlisþyngd hlutanna, eða þjettleika þeirra í samanburði hver við annan, var fundin meir en 200 árum fyrir burð Krists, og fann hann heimspekingur sá, er *Archimedes* hjet. *Hiero* konungur í Sýrakúsuborg á Sikiley átti kórónu úr gulli gjörva; þóttist hann vita, að smiðurinn hefði blandið gullið silfri, en hann vissi ekkert ráð til að fá vissu um svik þessi. Í þessum vandræðum sínum leitaði hann hjálpar hjá *Archimedes*. Einhvern dag tók *Archimedes* bað, og tók hann í baðinu að hugleiða, hversu það mætti verða, að vatnið lypti upp líkama hans, og datt honum þá í hug ástæða þess. Sagan segir, að hann hafi stokkið allsnakinn upp úr baðinu og mælt: «Jeg hef fundið það, jeg hef fundið það». Því næst gekk hann heim, tók lítinn mola gulls, sem hann vissi að var ófalsaður og óblandinn, og vó í vatni; sá hann þá, að það ljettist við það að nítjánda hluta, og af því rjeð hann, svo sem vjer höfum þegar gjört, að hreint og óblandið gull væri nítján sinnum þyngra, en vatn það, er jafnmikið rúm fyllti. Að svo gjörvu tók hann kórónu konungs, og vó hana í vatni, og varð sú raun á, að kórónan ljettist við það meira en um 19. hluta þunga síns, og af því rjeð hann, að hún væri eigi gjörð úr hreinu gulli. Það getur enginn efi á því leikið, að gullsmiðurinn hafi fengið makleg málagjöld fyrir svik sín.

27. Undirljettir annara vökva eða rennandi efna. Eins og vatnið hafa og aðrir vökvar eiginlegleika þann, að ljetta undir líkami þá, sem niður í þá er hleypt, þótt mjög misjafnt sje. Mjög ljettur vökvi, svo sem vínandi (*Alkohol*) ljettir að tiltölu lítið undir aðra líkami, en þungur vökvi eða rennandi líkami, svo sem kvikasilfur, ljettir mikið undir þá. Til þess að sannfæra yður um þetta, þarf jeg að eins að taka nokkuð af kvikasilfri og hella í skál, og láta síðan járnbút ofan á það. Járnið flýtur ofan á, og það leiðir af því, að það er ljettara en kvikasilfur það, sem fyllir sama rúm og járnbúturinn, eða með öðrum orðum, að járnið hefur eigi jafn-mikinn eðlisþunga og kvikasilfur. Eðlisþungi gullsins er aptur á móti meiri en eðlisþungi kvikasilfursins. Eðlisþungi gullsins er 19, svo sem þegar er talið, en eðlisþungi kvikasilfursins er að eins 13½.

Sjávarvatn eða salt vatn er nokkru eðlisþyngra en ósalt vatn. Á Gyðingalandi er stöðuvatn eitt, (Dauðahafið), og er vatn þess svo salt, og af þeim sökum einnig svo eðlisþungt, að enginn maður getur í því sokkið, en flýtur ávallt ofan á.

28. Hárpípukraptur. Áður en vjer skiljum við hina rennandi líkami eða vökvana, ætlum vjer að minnast fáeinum orðum á eitt atvik, er að þeim lýtur, og það er það, að vatnið hefur sig á sumum stöðum yfirborðsins, svo að það tekur þar talsvert upp yfir yfirborðið, eins og það er eðlilega jafnsljett.

24. Tilraun. Ef vjer tökum mola af hvítasykri, og höldum honum svo, að hann að eins snerti

yfirborð vatnsins, þá sogast vatnið upp í hann, unz hann er orðinn allur gagnvotur. Eins er það, að ef vjer tökum ræmu af loðpappír, eða þeim pappír, sem sje mjög laus í sjer, og stingum endanum niður í vatn eða blek, sogast það upp í pappírsræmuna. Af sömu rökum er það, að steinolían sogast upp eptir baðmullarkveyk, svo að þótt lampinn sje því nær tómur, þá er þó svo mikil olía í efri enda kveyksins, að vel getur á logað. Þetta er það, sem vjer nefnum hárpípu-sog; því að á sama hátt sogast vatn eða annar lögur upp í hverja afar-mjóa pípu, en allir legir sogast eigi jafnhátt upp; en vatnið sogast eigi að eins upp í sykurmolann og loðpappírinn, og t. a. m. steinolían upp í baðmullarkveykinn, heldur helzt það þar og, úr því það er þar komið. En þótt vjer stingum endanum á sykurmola, loðpappír eð baðmullar-kveyk niður í kvikasilfur, þá sogast kvikasilfrið hvorki upp í sykurmolann, loðpappírinn, nje baðmullarkveykinn; því að til þess getur það eigi dregizt nóg að sykrinu eða loðpappírnum.

Eiginlegleikar lopttegundanna.

29. Áþrýsting loptsins. Lopttegundirnar líkjast í mörgum greinum vökvunum, en í öðrum greinum eru þær þeim ólíkar. Vökvarnir hafa ákveðið yfirborð, svo að þjer getið hálffyllt flösku með þeim og hrist þá svo, að þeim skelli við hliðarnar á flöskunni; en þannig getið þjer eigi farið með loptið. Þjer getið t. a. m. tekið blöðru og blásið hana upp, og fyllir lopt það, sem þjer

í hana blásið, hversu lítið sem það er, út í hana alla, en eigi að eins nokkurn hluta hennar. Loptið fyllir hvert tómt rúm, sje það eigi áður fyllt, og reynir með öllu móti til þess, ef það sætir einhverri mótspyrnu.

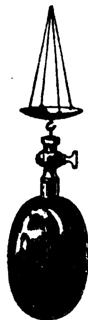
25. Tilraun. Mjer veitir næsta auðvelt að sanna þetta með mjög einföldu ráði. Jeg tek loptdælu, en henni mun jeg síðar lýsa fyrir yður. Með loptdælu þessari get jeg sogað lopt það úr glerklukku einni, sem í henni er; því næst tek jeg knött úr strokleðri *(gummi elasticum)* fullan af lopti, og legg hann undir glerklukkuna; að því búnu soga jeg loptið úr glerklukkinni með loptdælunni, og hver verður þá afleiðingin? Í strokleðursknettinum er lopt, en ekkert umhverfis hann, og af því leiðir, að loptið í honum reynir til að fylla hið loptlausa rúm, en það getur það með því einu móti, að þenja út knöttinn, enda þenst knötturinn út æ meir og meir, og verður því stærri, sem jeg soga meira lopt úr glerklukkunni. Ef jeg hleypi lopti aptur inn í klukkuna, þá minnkar knötturinn aptur, og verður loks eigi stærri en hann áður var.


13. mynd.

26. Tilraun. Vjer getum og breytt til og endurtekið tilraun þessa á annan veg. Jeg set glerklukku á stjett loptdælunnar og er bundið strokleðri yfir hana svo fast, að ekkert lopt geti út úr

henni komizt. Síðan soga jeg loptið úr glerklukkunni, eins og jeg áður gjörði, og eptir því sem jeg soga meira lopt úr henni, að sama skapi reynir loptið að utan æ meir og meir að þrengja sjer inn í hana aptur, og þrýstir því æ fastara á strokleðrið, sem yfir hana er bundið, og að síðustu getur þrýstingin orðið svo mikil, að strokleðrið springi.

30. Þungi loptsins. Þjer sjáið á þessu, að loptið þrengir sjer inn í hvert autt rúm, ef það getur með nokkru móti, og oss veitir afar-örðugt, að soga allt lopt út úr hverju íláti sem er. Vjer getum samt náð út mestum hluta þess. Í 14. myndinni sjáum vjer ker, sem er þannig skapað, að vjer getum fest það við loptdælu og sogað loptið út með henni, og er vjer vegum kerið, mun svo reynast, að það er þyngra fullt af lopti, en þá er allt lopt er úr því sogað, og af því má þá sjá, að loptið hefur nokkurn þunga.



14. mynd.

27. Tilraun. Nú skulum vjer festa eitthvert ljett ílát við annan arm metaskálanna, og snúa botninum niður, og kveða á um þunga þess. Þessi þungi má þá segja að sje þungi ílátsins, er það er fullt með venjulegu lopti.

28. Tilraun. Því næst skulum vjer fylla þetta hið ljetta ílát með lopttegund þeirri, sem kolsýra er nefnd. Hún er allþung, og hefur yður sagt verið (í efnafræðinni, 33. grein), hversu þjer megið búa hana til. Þjer munuð þá sjá, að

jafnvægisvísirinn færist til, og sýnir, að ílátið er orðið þyngra en það áður var, er það var fullt með venjulegu lopti, og af því getið þjer ráðið, að lopttegundirnar eru misþungar.

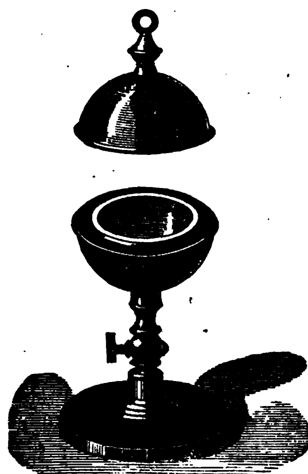
29. Tilraun. Vatnsefni (*Hydrogen, Brint*) er ljettast allra lopttegunda. Vjer skulum festa hið ljetta ílát enn við annan arm metaskálanna, og snúa nú botninum upp, og fylla það síðan með vatnsefni. Hversu þjer megið það til búa, er yður sagt í efnafræðinni 17. grein. Jafnvægisvísirinn mun þá færast til hinnar hliðarinnar, og það sýnir, að ílátið vegur minna en áður, er það var fullt af venjulegu lopti, en þó meira en loptlaust. Af þessu lærum vjer, að þótt loptshlutarnir virðist að hrinda hver öðrum á braut, og því leiti svo langt hver frá öðrum, sem þeim er framast auðið, og ávallt fylli ílát það, sem þeir eru í, dregur þó jörðin þá stöðugt að sjer, og hafa þeir því nokkurn þunga; sökum þess er engin hætta búin, að gufuloptið eða andrúmsloptið þjóti í braut frá jörðinni. Þvert á móti lykur gufuloptið eða andrúmsloptið utan um jörðina, sem eins konar haf væri, og á botni hafs þessa lifum vjer allir og hrærumst. Að þrýstingunni og þunganum til hefur lopthafið eins konar líkingu við sæinn, og þjer munið sjálfsagt eptir því, að þjer hafið numið í 23. greininni, að áþrýsting vatnsins á botn ílátsins fer eptir dýpt þess, og að þrýstingur þessi gengur í allar áttir.

Þá er jeg nú segi yður, að mikill loptsþungi liggi á oss, þá fer það að vonum, þótt þjer spyrjið:

«Hversu má það vera, að vjer verðum alls eigi varir þessa þrýstings?» Spurningu þessari svörum vjer þannig: Sökum þess, að áþrýstingin verður bæði niður á við, upp á við, og út á við til hliðanna. Vjer skulum t. a. m. taka pappírsörk. Loptið leggst eigi að eins ofan á hana og þrýstir henni niður, heldur og að neðan; það þrýstir jafnmikið á þann flöt hennar, sem niður snýr, og ýtir henni þannig upp á við, og sökum þessa má hefja hana og lækka, eins og enginn þungi eða þrýsting á lægi. Af sömu rökum getum vjer flutt oss fram og aptur, fleygt oss niður og risið á fætur aptur, svo að vjer verðum við engan þrýsting varir. Allt um það vonast jeg til að geta sannfært yður með einfaldri tilraun, að vjer getum gjört þrýsting loptsins auðsæjan.

30. Tilraun. Vjer skulum taka tvo hola kúluhelminga, sem falli vel hvor við annan. Vjer skulum þrýsta þeim fast saman og loka krananum. Það fer að vonum, að þjer spyrjið mig, hvers vegna loptþrýstingin haldi eigi kúlu-helmingunum föstum saman. En sú er sök til þess, að það er einnig lopt innan í þeim, og það þrýstir jafnmikið á að innan, sem loptið umhverfis þrýstir á að utan. En nú skulum vjer taka loptdæluna og skrúfa hana á annan kúluhelminginn, lata báða helmingana haldast saman, og soga alt lopt út úr kúlunni, og að svo búnu loka krananum og skrúfa kúluna frá; mun yður þá veita næsta örðugt, að draga kúluhelmingana hvorn frá öðrum, og að öllum líkindum getið þjer það eigi, og það er fyrir þá sök, að loptið

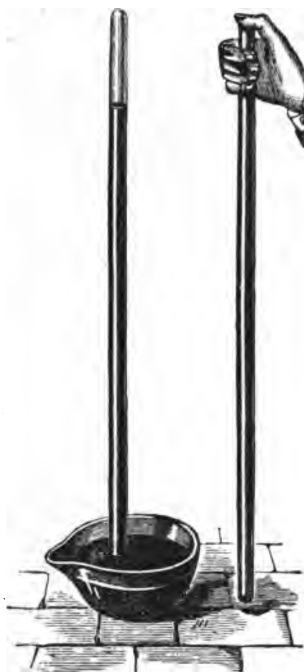
þrýstir á að utan, en ekkert er lopt innan í, til að spyrna á móti, og þrýsta kúlunni sundur.



15. mynd.

Með því að loptið er rennandi líkami og hefur þunga nokkurn, hefur það og nokkurt burðarafl, þótt eigi hafi það það jafnmikið og vatnið. Ef vjer tökum stóran belg, og fyllum hann með brennilopti (kolalopti, *gas*, *coal-gas*), eða enn heldur með vatnsefni, mun belgurinn reynast ljettari, en sje hann fullur af venjulegu lopti, og mun því einnig berast upp í loptið. Slíkir belgir eru opt fylltir ljettri lopttegund, og nefndir loptkuggar og flugbelgir *Luftballon*), og sjeu þeir nógu stórir, má hengja vandlaupa (*Gondol*) neðan í þá, og í þeim geta aptur setið nokkrir menn, og flugbelgirnir þó borizt í lopt upp.

31. Loptþungamælir. *31. Tilraun.* Vjer skulum taka langa glerpípu, sem lokuð sje í annan endann, en opin í hinn, fylla hana með kvikasilfri, og snúa síðan pípunni við, svo að opið snúi niður, en gæta þess, að halda fingurgóminum föstum fyrir opið, svo að ekkert renni úr af kvikasilfrinu, og



16. mynd.

stinga þeim endanum niður í skál með kvikasilfri í, og eigi taka fingurinn frá opinu, fyr en pípu-

endinn er kominn niður í kvikasilfrið í skálinni. Í 16. myndinni er yður sýnd glerpípa þessi, er hún stendur á opna endann í skálinni með kvikasilfrinu. Kvikasilfrið helzt reyndar í pípunni, en hún er þó orðin tóm efst, og þó var hún full, er vjer stungum henni niður í skálina. Yður getur til hugar komið, að lopt hafi komizt inn í pípuna, en því er eigi svo varið. Pípan er alveg loptlaus efst. «En hvers vegna», munuð þjer þá spyrja, «knýr þá loptið eigi kvikasilfrið svo hátt upp eptir pípunni, að það fylli hana alla, úr því loptið þrýstir að á alla bóga, og því þrýstir einnig á kvikasilfrið í skálinni?» Svarið er, að það mundi það einnig gjöra, ef það gæti. En þetta veit svo við, að þrýsting loptsins er svo mikil á kvikasilfrið í skálinni, að kvikasilfursstöpullinn í glerpípunni getur orðið 29 þumlunga hár, en eigi hærri. Þungi þessa kvikasilfurs-stöpuls þrýstir að sjálfsögðu niður á við, og vegur hann upp á móti þrýsting loptsins upp á við, og þessi er sök til þess, að kvikasilfrið hrynur eigi allt niður úr glerpípunni, og loptþrýstingin á hinn bóginn megnar eigi að ýta kvikasilfrinu svo hátt, að það fylli hið auða rúmið efst í pípunni. Þessa tilraun gjörði fyrstur manna ítalskur maður, að nafni *Torricelli*. Glerpípa þessi er nefnd loptþungamælir, og loptlausa rúmið efst í pípunni, fyrir ofan kvikasilfursstöpulinn, er kennt við *Torricelli*, og mætti nefna það «loptleysan hans *Torricellis*.» Loptþungamælirinn er hafður til að mæla þrýstingu loptsins, en hún er breytileg og eigi ávallt hin sama. Pípu þessari er skipt að þumlung-

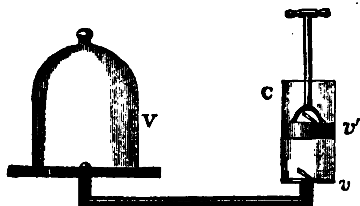
um, til þess að sjeð verði nákvæmlega hæð kvikasilfurs-stöpulsins upp frá kvikasilfrinu í skálinni.

32. Gagn loptþungamælisins. Loptþungamælirinn er til mikils gagns í mörgum greinum. Vjer getum til að mynda mælt með honum hæð fjalla. Yður hefur verið sagt það í 23. greininni, að þrýsting vatnsins er miklu meiri við botninn á djúpu keri, fullu af vatni, en uppi undir yfirborðinu, og eins er um loptið, sem vjer lifum í; þrýstingur þess er miklu meiri niðri við jörðina, en er hærra dregur. Ef vjer förum upp á hátt fjall, þá munum vjer komast að raun um, að loptþunginn er þar minni en við fjallsræturnar, og þrýstingurinn mun því minni verða efst á því en fyrir neðan það; og afleiðingin verður sú, að loptið uppi á fjallinu getur eigi borið jafnan kvikasilfurs-stöpul og við rætur þess, svo að þar sem kvikasilfurs-stöpullinn í loptþungamælinum var 29 þumlungar að hæð undir fjallinu, verður hann uppi á því að eins 25 þumlungar, eða að eins 20, eða jafnvel 17, eptir því sem fjallið er hátt til; það er með öðrum orðum: kvikasilfrið lækkar því meir í loptþungamælinum, því hærra sem dregur upp í loptið frá jafnsljettu, og þannig getum vjer notað loptþungamælinn til þess, að kveða á um, hversu hátt vjer erum komnir frá haffleti.

Loptþungamælirinn getur og orðið oss að miklu liði um veðurbreytingar, er vjer getum á honum sjeð, ef óveður fer í hönd. Ef kvikasilfurs-stöpullinn í loptþungamælinum lækkar, og einkum ef stöpullinn lækkar snögglega, getum vjer búizt við

óveðri. Ef kvikasilfurs-stöpullinn aptur á móti nær langt upp og stendur óbreyttur, getum vjer búizt við staðviðri og góðviðri.

33. Loptdælan. Vjer höfum þegar talað um, að soga loptið út úr einhverju íláti. Nú skulum vjer sýna, hversu það er gjört með loptdælunni. Þjer getið gjört yður skiljanlegt af mynd þeirri, sem hjer stendur, hversu að því er farið. En fyrst



17. mynd.

af öllu verð jeg að skýra fyrir yður, hvað sje vindspeldi (*Ventil*). Vindspeldi er líkt og hlemmur fyrir einhverju opi, sem opnaður verður að eins á einn veg, t. a. m. upp á við. Þjer hafið líklega flestir sjeð einhvern slíkan hlemm í gólfi eða yfir stigagati. Vinstra megin á myndinni sjáið þjer glerklukku fulla af lopti, og fellur hún alveg við stjettina undir, svo að ekkert lopt kemst á milli. Þjer sjáið og, að niður úr miðri stjettinni gengur pípa, en hinn endi hennar gengur upp í holan sívalning til hægri handar, og í gegnum pípu þessa er þá samgangur á millum glerklukkunnar og hins hola sívalnings. Í sívalningnum sjáið þjer og bullu, sem ýta má upp og niður eptir honum. Loksins sjáið

þjer tvö vindspeldi, annað við þann pípuendann, sem gengur upp í sívalninginn, en hitt er á sjálfu bulluhöfðinu, og ganga þau bæði upp á við, en hvorugt niður á við.

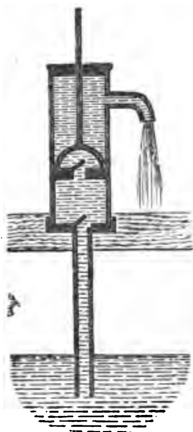
Nú skulum vjer ímynda oss, að vjer þrýstum bullunni niður að botni sívalningsins, og sje þá báðum vindspeldunum lokað; því næst drögum vjer bulluna upp; en við það verður loptlaust rúm undir bullunni, en í það rúm leitar loptið að komast með hverju helzt móti, sem það getur (29. gr.). Loptið fyrir ofan bulluna reynir það raunar og, en megnar eigi; það megnar því einu, að þrýsta vindspeldinu á bulluhöfðinu niður og þjappa því sem fastast að bulluhöfðinu, úr því að speldið er ofan á því, en eigi neðan, og getur því eigi gengið niður á við. Loptinu frá glerklukkunni gengur betur; það streymir í gegnum pípuna, og ýtir upp neðra speldinu, og kemst með því móti inn í loptleysuna undir bullunni. Þá er vjer höfum dregið bulluna upp eptir sívalningnum, sem hún kemst hæst, ýtum vjer henni niður aptur; við það þrýstir bullan á loptið fyrir neðan sig, en það þrýstir aptur á neðra speldið, svo að það lokast, og kemst þá loptið eigi aptur inn um það opið; en á hinn bóginn getur það opnað efra speldið, er að því fer að þrengja, og leggur leið sína út um það opið, unz allt loptið í sívalningnum er komið upp fyrir bulluna. En þetta lopt var nokkur hluti þess lopts, sem var að upphafi í glerklukkunni, og þannig hefur oss þá tekizt þegar við fyrsta uppdrátt og niðurdrátt bullunnar, að soga út nokkurn hluta lopts þess, sem í klukkunni var.

þessum aðförum getum vjer haldið áfram, ýmist dregið bulluna upp eða ýtt henni niður. Í hvert skipti og vjer drögum bulluna upp, lokar loptið fyrir ofan bulluna vindspeldinu á henni, og við það streymir loptið úr glerklukkunni gegnum pípuna og upp í loptleysuna í hinum hola sívalning, og í hvert skipti og vjer ýtum bullunni niður, lykst aptur neðra speldið, en loptið í sívalningnum undir bullunni lyptir upp efra speldinu og streymir þar út, og með þessari aðferð náum vjer nokkru lopti úr glerklukkunni við hvern uppdrátt og niðurdrátt bullunnar. Það er auðvitað, að bulluhöfuðið verður að fylla vandlega út í sívalninginn og falla afarvel, svo að ekkert lopt komist á milli þess og sívalningsins; að öðrum kosti kemst loptið inn að utan, og þá fáum vjör engu á orkað með loptdælunni, og getum að engu minnkað loptið í klukkunni. Nú hef jeg sagt yður, hverju loptdælan orkar, og á hvern hátt; en þjer megið eigi ætla, að allar loptdælur líti eins út og sú, sem 17. myndin táknar. Lögmálið er hið sama fyrir allar loptdælur, en útlit þeirra getur verið mjög breytilegt.

34. Vatnsdælan. Nú hef jeg sagt yður frá loptdælunni; og vjer skulum þá hverfa snöggvast aptur til loptþungamælisins. Þjer vitið þegar, að þrýsting loptsins er næg til að bera kvikasilfurs-stöpul, sem sje hjer um bil 29 þumlungar að hæð. Vatnið er miklu eðlisljettara en kvikasilfur (27. grein); og eptir því færi það að vonum, að þrýsting loptsins gæti valdið miklu hærri vatnsstöpli en svo, að nemi 29 þumlungum. Svo er

og; því að loptið getur borið nær 33 feta háan vatnsstrók.

Af þessu mun yður verða skiljanlegt, hversu vanaleg vatnsdæla fer að. Á 18. myndinni megið þjer sjá, hversu vatnsdæla lítur út að innan. Allra-neðst er vatn það, sem vjer ætlum að ná upp með dælunni, og úr því gengur pípa upp í holan sívalning. Í sívalningi þessum sjáið þjer bullu, og fyllir bulluhöfuðið vandlega út í hol sívalningsins, svo að hvorki kemst lopt nje vatn á milli. Ofan á bulluhöfðinu er vindspeldi, og annað á botni sívalningsins, og ganga bæði upp. Í raun rjettri er sívalningurinn í dælu þessari mjög svipaður sívalningnum í loptdælunni. Vjer byrjum eins og áður á þann hátt, að vjer hugsum oss bulluhöfuðið nema við botninn á sívalningnum. Því næst drögum vjer bulluna upp, og fer þá á sömu leið, sem í loptdælunni, að loptið fyrir ofan bulluhöfuðið þrýstir niður vindspeldinu á henni og heldur því lokuðu. Á hinn bóginn streymir loptið úr pípunni upp í gegn um neðra opið, eða opið á botni sívalningsins, og fyllir hið loptlausa rúmið undir bullunni.



18. mynd.

Þá er vjer þrýstum bullunni niður aptur, lokast neðra vindspeldið, en hið efra lyptist upp, og streymir þá loptið upp um það opið. Með öðrum orðum: vjer sögum loptið út úr pípunni. En hvað hefst vatnið að á meðan niðri undir (í vatnsstokknum)? Loptið að utan þrýstir stöðugt á það, og er vjer höfum náð út nokkru af loptinu í pípunni, verður þrýsting þess þar minni en þrýsting loptsins að utan, og verður því loptið úti fyrir yfirsterkara, er það sætir lítilli mótspyrnu, og knýr vatnið upp eptir pípunni, og fyllir hana að síðustu, er allt lopt er úr henni komið. Vatn þetta mun því næst leita um neðra opið upp í sívalninginn.

En sje pípan millum vatnsins og speldisins á botni sívalningsins lengri en 33 fet, verður þó eigi þessi niðurstaðan. Yður var fyrir skemmstu sagt, að loptið getur borið 33 feta háan vatnsstrók, en hærri eigi. Sje því fjarlægðin á millum yfirborðs vatnsins og speldisins á botni sívalningsins meiri en 33 fet, kemst vatnið eigi upp í sívalninginn, og hversu sem þjer leitizt við, mun yður aldrei takast, að koma vatninu upp í hann; sje fjarlægðin á hinn bóginn minni en 33 fet, og bezt er að hún sje eigi meiri en 26 eða 27 fet, mun dælan vinna hlutverk sitt, og þjer getið þá sogað vatnið upp í sívalninginn. Því næst skulum vjer gjöra ráð fyrir, að sívalningurinn sje fullur orðinn af vatni, og þjer þrýstið þá bullunni niður. Hún þrýstir þá á vatnið fyrir neðan sig, en það aptur á speldið á botni sívalningsins, svo að það lokast, en aptur á móti ýtir vatnið bulluspeldinu upp, og streymir þar upp. Þá er

þjer í næsta skiptið dragið bulluna upp, dragið þjer og það vatn upp eptir sívalningnum, sem upp fyrir bulluspeldið er komið, unz það nær dælustútnum, og spýtist út um hann við hvert dælusog.

32. Tilraun. Svo að þjer getið sjeð með eigin augum, hvað fram fer innan í vanalegri vatnsdælu, skuluð þjer taka eptirmynd af dælu, er sívalningurinn sje úr gleri gagnsæju. Þjer munuð þá sjá, að þá er vjer drögum bulluna upp, lokast efra speldið, en hið neðra opnast; en þetta verður öfugt, þá er vjer þrýstum bullunni niður. Yður skilst það fyllilega, að bulluhöfuðið verður að fylla út í hol sívalningsins þvers yfir, svo að ekkert lopt geti á milli komizt, eins og áður var sagt um loptdæluna; að öðrum kosti kemst loptið niður undir bulluna og spyrnir á móti vatninu. Þá er vatnsdæla er eigi notuð um langan tíma, getur stundum svo farið, að leðrið utan um bulluhöfuðið þorni, eða hvað annað sem um það er vafið, svo að lopt komist niður með því, og dælan því missi sogafls síns; en eigi þarf þá annað, en hella litlu af vatni niður í dæluna, svo að leðrið utan um bulluhöfuðið vökni og bólgni út, og verður þá dælan þjett aptur.

35. Sogpípa. Áður en jeg lýk þessum þættinum, ætla jeg að lýsa fyrir yður verkfæri einu, sem nefnt er sogpípa; eigi ætla jeg þó að ræða um lögmálið fyrir henni. Loptþrýstingin ræður aðgjörðum þess, eins og dælunnar. 19. myndin táknar eina tegund verkfæris þessa. Sú tegundin er höfð til þess, að leiða vatn, eða og einhvern

annan lög, úr einu íláti í annað, og verður það í-látið að standa hærra, sem löginn á úr að leiða,



19. mynd.

en það lægra, sem á að leiða hann í. Þá er þjer viljið nota verkfæri þetta, verðið þjer fyrst að gjörfylla það með vatni, og halda því fingurgómnum fyrir opið á styttri arminum. Þá er lengri armurinn er orðinn alveg fullur á barma, lokið þjer og með fingrinum fyrir hann, snúið síðan verkfærinu við, svo að endarnir snúi báðir niður, stingið styttri arminum niður í vatnið í keri því eða íláti, er hærra stendur, og lengri arminum niður í vatnið í því kerinu, sem lægra stendur, og takið því næst fingurna frá opunum; mun þá vatnið streyma í sífellu úr lengri arminum og niður í

lægra kerið, og með því getið þjer gjörtæmt efra kerið í hið lægra, en þó því að eins, að styttri armurinn sje svo langur, að hann taki til botns í kerinu.

Hreifing.

36. Kraptur. Í 1. greininni hefur yður sagt verið um eiginlegleika hlutanna, og að fallbyssukúla á flugferð er ólík fallbyssukúlu þeirri, er liggur grafkyrr, að heit fallbyssukúla er ólík kaldri kúlu. Þjer hafið og fengið að vita, að einhver hin helzta tilætlun með bæklingi þessum er að fræða yður um hina ýmsu og ólíku eiginlegleika hlutanna. Vjer gátum þá eigi byrjað á því atriðinu; vjer urðum fyrst að segja yður frá hlutunum sjálfum, og nú ættuð þjer þegar að hafa fengið nokkurn veginn ljósa hugmynd um fasta líkami, rennandi líkami eða vökva, og loptkennda líkami eða lopttegundirnar. Það er því kominn tími til, að þjer fáið eitthvað að vita um hina ýmislegu eiginlegleika þessara hluta. Yður var sagt, að hlutirnir væru stundum fullir af krapti, eins og t. a. m. fallbyssukúlan, er hún væri á flugferð, en stundum aptur á móti með öllu aðgjörðalausir og kraptlausir á að sjá, svo sem fallbyssukúlan, er hún lægi grafkyrr; og vjer getum ekkert annað betra gjört í hinum eptirfarandi greinum, en að rannsaka hin helztu atvik, þá er segja má, að líkamarnir beiti fullum krapti. Þetta á sjer stað, þá er hluturinn er á hreifingu eða kviki; þá er hann titrar ótt og títt; þá er hann er heittur, og þá er

rafurmagni er í hann hleypt, og eptir þessu skiptum vjer rannsóknum vorum í fjóra hluta. Fyrst ætlum vjer að tala um hlutina, þá er þeir eru á kviki, og í þeim hlutanum reyna að gefa yður nokkra skýringu á því, á hvern hátt líkamarnir þá vinni. Því næst skulum vjer ræða um hlutina, þegar titringur er á þeim, t. a. m. klukku, sem hringt er, eða bumbu, sem barin er. Í þessum þættinum ætla jeg að segja yður ýmislegt um hljóðið. Í þriðja þættinum munum vjer skýra yður frá líkömum þeim, sem heitir eru, og þá um leið segja yður lítið eitt um hita og ljós. Loksins munum vjer í fjórða þættinum skýra yður frá rafurmögnuðum hlutum, og þá um leið frá rafurmagninu, sem er næsta undarlegt. Það er auðvitað, að jeg get eigi gjört yður fulla grein fyrir öllum hinum ýmislegu eiginlegleikum hlutanna í þessum bæklingi eða hversu kraptar þeirra koma í ljós á ýmsa vegu. Jeg get að eins sagt yður stutt ágrip hinna helztu þessara atriða.

37. Vinna. Þá er vjer segjum, að einhverr maður sje þrekmikill og kjarkmaður, þá eigum vjer við, að hann sje fær um að vinna eitthvert verk; og þá er vjer tölum á líkan hátt um afl eða krapt hlutanna, þá eigum vjer einnig við, að þeir sjeu einhvers verks megnugir; það er með öðrum orðum, að vjer miðum krapta hlutanna við verk þau, sem þeir megna að af kasta, áður en þeir verða með öllu magnlausir. Þá er vjer lyptum tveggja marka þunga upp um eitt fet, þá vinnum vjer verk nokkurt; en lyptum vjer honum upp um tvö fet, vinn-

um vjer hálfu meira verk, og lyptum vjer honum upp um þrjú fet, þá vinnum vjer þrefalt meira verk, o. s. frv. Ef vjer því nefnum verk það 1, er vjer vinnum með því að lypta einu pundi upp um 1 fet, getum vjer nefnt það 3, er vjer lyptum sama þunganum upp um 3 fet.

Á hinn bóginn er það auðsætt, að þegar vjer lyptum 2 punda þunga upp, t. a. m. 2 fet, er það hálfu meira verk en að lypta einu pundi jafnhátt. Að lypta 2 punda þunganum 3 fet, væri þá rjett nefnt 6. Með öðrum orðum: vjer margföldum pundatöluna, sem vjer lyptum upp með því, hversu hátt vjer lyptum þunganum eptir fetatölu, og tala sú, sem þá kemur fram, táknar verkið, sem unnið er.

Vjer skulum ímynda oss, að vjer beinum fallbyssu beint í lopt upp, og hleypum því næst úr henni. Kúlan í henni vegur 100 pund, og hún þýtur út úr fallbyssumunnanum með svo miklum hraða eða afli, að hún kemst eina þúsund feta, áður en hún snýr við og fellur niður aptur. Af þessu getum vjer ráðið, hversu mikið afl kúlan hafði, er hún fór út úr fallbyssunni. Hún hafði svo mikið afl, að hún gat borið 100 pund (þ. e. þunga sjálfrar sín) þúsund feta í lopt upp, og því einnig krapt til að vinna verk það, sem samsvarar 100 sinnum 1000, sem er 100,000. Ef vjer látum meira púður í fallbyssuna en við þetta skotið, þá fer kúlan með enn meiri hraða. Vjer skulum gjöra ráð fyrir, að hún þá komist fimmtán hundruð feta í lopt upp, áður en hún hnígur niður aptur; þá hefði

hún getað unnið verk jafnt 100 sinnum 1500, eða 150,000. Þjer sjáið af þessu, að með því meiri hraða sem kúlan fer út úr fallbyssumunnanum, því hærra kemst hún, því meira verk vinnur hún, og því meira afl hefur hún.

38. Verk, sem einhver hlutur vinnur, þá er hann er á ferð. Jeg get eigi rakið þetta efni út í æsar; jeg ætla að eins að segja yður, að hver sá hlutur, sem þeytt er í lopt upp með tvöföldum hraða við annan hlut, kemst eigi að eins helmingi hærra í lopt upp en hinn, heldur fjórum sinnum hærra; en sá hlutur, sem kastað er með þreföldum hraða (eða þreföldu afli), fer eigi að eins þrisvar sinnum hærra, heldur þrisvar sinnum þrisvar eða níu sinnum hærra, o. s. frv.

Þjer sjáið á þessu, að fallbyssukúla sú, sem fer með tvöföldum hraða, vinnur fjórum sinnum meira verk en sú, sem fer með einföldum hraða. En það er og önnur aðferð til að kveða á um eða meta verk fallbyssukúlunnar, en með því að mæla, hversu hátt hún fer beint í lopt upp. Ef vjer hleypum kúlunni úr fallbyssunni á trjágarð, sem gjörður sje úr jafnþykkum timburstokkum, hverjum á bak við annan, mun svo reynast, að með tvöföldum hraðanum fer kúlan í gegnum fjórum sinnum fleiri timburstokka en með einföldum hraða, og með þreföldum hraða hjer um bil níu sinnum fleiri, o. s. frv. Á þessu sjáið þjer, að þá er kúlan fer með tvöföldum hraða, hefur hún ferfalt afl til skemmdanna við það, er hún hefur með einföldum hraða,

og með hverju móti sem vjer metum afl hennar, verður niðurstaðan hin sama..

39. Krapturinn í aðgjörðaleysi (aldeyfu). Það er auðsætt, að hlutur sá, sem er á ferð, hefur krapt eða afl til að vinna allmikið verk; en auk þess er og afl í hlutnum, þótt aðgjörðalaus sje, eða þótt hann sje grafkyrr og hreifingarlaus. Hann er eins og maðurinn, að hann getur setið aðgjörðalaus, og megnar þó að framkvæma afar-mikið verk, er hann tekur á því. Það eru t. a. m. tveir menn jafnsterkir og hefur þeim sinnazt. Þeir hafa hvor um sig tínt saman heila grjóthrúgu, og ætla að kasta þessu grjóti hvor á annan. En sá er munurinn, að annar þeirra stendur uppi á húsi og hefur grjótið þar hjá sjer, en hinn stendur niðri fyrir á jafnsljettu með sína grjóthrúgu. Jeg þarf naumast að spyrja yður, hvor þeirra standi betur að vígi, og muni að líkindum sigur úr býtum bera. Þjer svarið mjer hiklaust, að það sje sá, sem uppi á húsinu standi. Hvers vegna stendur hann betur að vígi? Hann er eigi sterkari en hinn; þeir voru jafnsterkir. Yfirburðir hans eru fólgnir í grjótinu, og er það einsætt, að sú er sök til þess, að grjóthrúga hans er svo hátt uppi. Sjálfur hefur hann eigi meira afl en sá, er á jafnsljettu stendur, en steinarnir í grjóthrúgunni hafa meira afl í sjer fólgið en í þeirri, sem á jafnsljettu liggur, og þetta afl leiðir þá af því, að þeir liggja hærra; með öðrum orðum: þeir eru færir um að vinna nokkurt verk, þótt það ekkert gagn gjöri, það, að drepa hinn manninn. Vjer skulum taka annað dæmi; það

eru tvær vatnsmylnur. Í nánd við aðra þeirra er stór tjörn, og liggur hátt og talsvert hærra en mylnan stendur. Í nánd við hina mylnuna er og tjörn, en sú liggur lægra, og á jafnsljettu við mylnuna. Hvor mylnan eru mest líkindi til að vinni nokkuð? Þjer munuð naumast hugsa yður lengi um að svara þeirri spurningunni, og það á þá leið, að það sje sú mylnan, er standi lægra, en tjörnin í nánd við hana, með því að vatnið úr þeirri tjörninni streymi niður á mylnuhjólið og snúi því. Þjer sjáið því, að það má láta stöðuvatn eða tjörn, sem hátt liggur, vinna mikið verk, sem þjer getið bæði sjeð og þreifað á, svo sem að mala korn eða beysta, saga við og annað því um líkt. Aptur á móti getur tjörn eða vatn niðri í djúpri dæld engu áorkað og að engu unnið.

Því næst skulum vjer bera saman vatnsmylnu, sem vatn knýr áfram, og vindmylnu, sem vindurinn snýr. Þótt vindurinn fari eigi með jafnmiklum hraða og kúlan, líkist hann henni þó að því, að afl hans er sem hvers annars líkama, sem er á fleygiferð. Hann þýtur gegn mylnuvængjunum og snýr þeim í hring; og ef vjer köstum fjöður eða strái upp í loptið í hvassviðri, þeytir vindurinn þeim á braut. En eina hefur vatnsmylnan yfirburðina óefaða yfir vindmylnuna. Við vindmylnuna verðum vjer að bíða eptir vindinum og sæta honum; en ef vjer höfum vatnsmylnu, sem nóg vatn streymi að, getum vjer hleypt vatninu á hana og veitt því frá eptir eigin geðþekkni. Vjer höfum kraptana á valdi voru, og getum beitt þeim þá er

vjer viljum. Kröptum þeim, sem felast í einhverjum þeim hlut, sem á hreifingu er, má líkja við reiðusilfur, sem vjer verjum til einhvers; en kröptum vatnsins í tjörninni upp frá vatnsmylnunni má líkja við peninga þá, sem vjer eigum á leigustöðum eða í sparisjóði, og getum tekið, er vjer þurfum á þeim að halda.

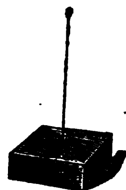
Titringur.

40. Hljóðið. Hver sá hlutur, sem skiptir um stað, er á hreifingu; en af því leiðir þó eigi, að hver sá hlutur skipti algjörlega um stað, sem hreifing er á. Skopparakringlan t. a. m. er á kviki, er hún snýst í hring með hraða miklum, en hún er þó kyrr á sama stað og flyzt eigi úr einum stað í annan.

33. Tilraun. Í 20. myndinni sjáið þjer stálfjöður, sem stungið er á endann niður í ofurlítið borð. Ef efri endinn er sveigður út á hlið, og honum síðan sleppt, þá reiðir hann fram og aptur um hríð, en fjöðrin færist þó eigi úr stað. Þegar fjöðrin svífur þannig fram og aptur, og er þó kyrr á sama stað, þá er sagt, að hún titri. Þá er klukku er hringt, eða bumba barin, þá kemur á líkan hátt titringur á klukkuna eða bumbuna, og þá er lypt er upp streng á hljóðfæri, og honum síðan sleppt, kemur titringur á strenginn.

Í titringnum sýnir krapturinn sig með öllu eins og í flutningnum frá einum stað til annars; og í raun rjettri flytjast og hinir ýmsu partar hlutar þess, sem titringur er á, fram og aptur frá

einni hlið til annarar. Ef þjer reynið til að stöðva þá, munu þeir slá yður; og verði eitthvað fyrir þeim, munu þeir slá það; loptið verður og fyrir þeim, og þeir slá það einnig. Í hvert skipti sem fjaðrarbroddinn reiðir fram eða aptur, hnippir hann við loptinu, sem fyrir verður. Með öðrum orðum: Hver sá hlutur, sem titringur er á, gefur loptinu á stuttum tíma afar-margar smáhnippingar. En loptið tekur eigi með öllu aðgjörðalaust á móti öllum þessum smáhnippingum; það hnippir aptur við því loptinu, sem næst því er, og svona gengur það koll af kolli, unz höggið, sem loptið fjekk af stálfjöðrinni, er komið langar leiðir í burtu. Að síðustu berst þessi hnipping að eyra mjer, og jeg fæ þá dálitla hnipping líka, en það hefur eigi sömu áhrif á mig, og högg það, er kastar mjer um koll. Vjer köllum því þessar hnippingar eigi högg; en vjer kveðum svo að orði, að eitthvert hljóð hafi borizt að eyrum vorum, eða að vjer höfum heyrt hljóð nokkurt.



20. mynd.

41. Hvellur og söngur. Þá er einhver hlutur hefur hnippt að eins einu sinni í loptið, og þannig komið hreifingu á það, t. a. m. þegar hleypt er úr fallbyssu, þá ber loptið þetta eina högg til eyrna oss, og þá segjumst vjer hafa heyrt hvell. Ef titringur er á hlutnum, þá slær hann loptið mörg smáhögg á hverri sekúndu, og loptið ber öll þessi smáhögg að eyra voru, og slæst við eyrað

jafnopt á sekúndunni og það fjekk margar hnippingarnar að upphafi á sekúndunni, og þá segjumst vjer heyra hljóm eða són. Hvellur er þá eitt högg, sem berst að eyra voru, en són myndast við mörg smáhögg, sem fylgja hvert á fætur öðru, svo að jafnlangur tími sje á milli. Ef hinn titrandi líkami, sem veldur þessari óreglu í loptinu, slær loptið að eins fá högg að tiltölu á sekúndunni, þá slær loptið og eyra vort að eins jafnmörg högg á sekúndunni, og þá heyrum vjer dimmraddaðan són; en ef titringurinn er óður og tíður, og slær loptið mörg högg á sekúndu, þá slær loptið eyra vort og að sjálfsögðu jafnmörg högg, og þá heyrum vjer háreystan són. Þannig táknar dimmraddaður són, að loptið slái eyra vort að eins fá högg á sekúndu, en háreystur són táknar mörg högg á jafnlöngum tíma. Til hins dimmraddaðasta sóns, sem vjer getum heyrt, þarf 16 högg á einni sekúndu, en til þess að sóninn verði mjög glymjandi og háreystur, þarf 20,000 högg og þar yfir á sekúndu hverri.

42. Hljóðið getur og nokkuð unnið. Sóninn, eða sönghljóðið, er viðfelldinn, en hvellurinn óviðfelldinn eyra voru. Stundum getur hvellurinn og gjört mein, og jafnvel spillt heyrninni, ef hann er mjög ákaflegur. Ef hleypt er t. a. m. skoti úr mjög stórri fallbyssu, getur hvellurinn gjörspillt heyrninni, ef svo ber undir. Við slíkan hvell getur titringurinn orðið svo mikill, að glerrúður springi. Komist eldur í mikinn púðurforða, mölbrotna á

stundum allir gluggar í grenndinni við hvellinn einn. Af því sjáið þjer, að í háum hvelli býr kraptur allmikill, og hann getur unnið talsvert, þótt það einkum sje til skemmda.

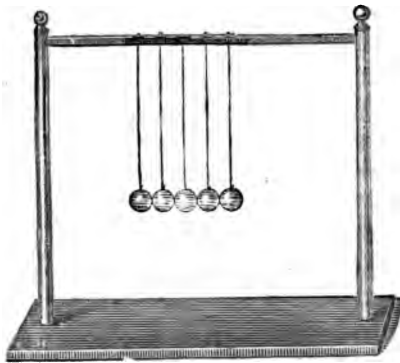
43. Það þarf lopt til að bera hljóðið. *34. Tilraun.* Vjer skulum reyna að hringja klukku í loptlausu rúmi, t. a. m. í keri, sem vjer höfum sogað allt lopt úr með loptdælu. Með því að ekkert lopt er umhverfis klukkuna, er þar ekkert, sem klukkan geti högg gefið, er hún tekur að titra, og því mun ekkert hljóð berast að eyrum vorum. Það er með öðrum orðum: Klukkan, þá er hún er slegin með kólfinum, eða hver annar titrandi líkami, hefur í sjer fólginn krapt, og nokkru af krapti þessum tekur loptið við, og það flytur hann aptur eyra voru; en þar sem ekkert lopt er, þar er ekkert, sem geti borið krapt hins titrandi líkama að eyra voru.

44. Hversu hljóðið berst í gegnum loptið. Vjer skulum nú virða lítið eitt fyrir oss eðli þessa hlutar, sem vjer nefnum hljóð. Þá er titringur kemur á einhvern hlut, vekur titringur þessi hljóðið í loptinu, og loptið ber það langar leiðir.

Þá er hleypt er úr fallbyssu hálfa eða heila mílu í burtu, þá megið þjer eigi ætla, að hinir sömu hlutar loptsins fari alla þessa leið frá fallbyssunni og til yðar, þar sem þjer standið, og beri hljóðið með sjer. Loptlag það, sem næst er fallbyssunni, rekur högg á hið næsta loptlag, og þannig rekur hvert loptlag á fætur öðru högg í það lagið, sem næst því er, en færist sjálft eigi áleiðis,

unz höggið nær eyra voru. Yður mun að öllum líkindum fullljóst verða af næstu tilraun, hversu þetta verður.

35. Tilraun. Vjer skulum taka nokkrar kúlur fjaðurmagnaðar, binda sitt bandið í hverja, og hengja þær síðan allar á einn ás, hverja við hliðina á annari í röð svo, að hver liggi upp að



21. mynd.

annari. Því næst skulum vjer taka aðra-hvora þá kúluna, sem yzt er, draga hana lítið eitt frá hinum, og sleppa henni síðan, og skellur hún þá á næstu kúluna. Hvað verður þá? Undir eins og hún skellur á hina kúluna, er hún grafkyrr, en hin kúlan mun þegar bera höggið til hinnar þriðju, en færist sjálf eigi til; hin þriðja ber höggið til hinnar fjórðu, og hin fjórða til hinnar fimmtu, en hvorki hin þriðja kúlan nje hin fjórða færist til, en er höggið nær fimmtu kúlunni, sem er síðust í

röðinni, hrökkur hún frá. Fyrstu kúlunni má líkja við loptlag það, sem næst er fallbyssunni, en hinni fimmtu við það loptlagið, sem næst er eyrum yðrum, og þá sjáið þjer, hversu hvellurinn berst frá því loptlaginu, sem næst er fallbyssunni, og til þess, sem næst er eyrum yðrum, án þess að lög þessi þurfi að flytjast alla leið, til þess að bera hvellinn.

45. Hraði hljóðsins. Þetta högg eða hnipping, sem vjer nefnum hljóð, þarf nokkurn tíma til að komast frá fallbyssunni til eyrna vorra. Á því leikur enginn efi, að það fer hratt mjög, ef til vill eins hratt og byssukúla; en það er þó eigi komið oss til eyrna í einum svip.

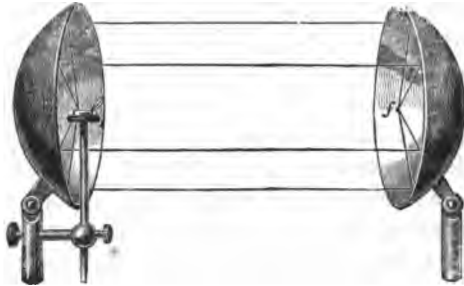
Ef nokkur yðar hefur sjeð hleypt úr fallbyssu í fjarska frá yður, þá hafið þjer fyrst sjeð blossann og reykjargusuna, og að fáum sekúndum liðnum heyrt hvellinn. Þessar fáu sekúndur hefur hvellurinn þurft til að berast frá fallbyssunni og til yðar. Þjer hafið sjeð blossann í sama vetfangi og skotið reið af, og með því að telja frá því augabragði, getið þjer fengið vissu um, hversu lengi hvellurinn hefur verið á leiðinni frá fallbyssunni og þangað, sem þjer eruð staddir. Vjer skulum gjöra svo, að fallbyssan sje 11000 feta frá yður, og að yður hafi talizt svo, að tíu sekúndur hafi liðið frá því, er þjer sáuð blossann, og til þess að þjer heyrðuð hvellinn, og getið þjer þá af því ráðið, að hvellurinn sje 10 sekúndur á leiðinni í gegnum loptið þessi 11000 fet, eða að hann fari 1100 fet á hverri einni sekúndu, enda er það mjög nær sanni.

Í vatni fer þó hljóðið miklu hraðara en í loptinu. Við *Genfer*-vatnið í Svissaralandi hefur raun verið til þess gjörð, að fá að vita hraða hljóðsins í vatni, og hefur það sannazt fyrir tilraunir þessar, að hljóðið fer nær því fjórum sinnum hraðara í vatni en í lopti. Í við og járni fer það með enn þá meiri hraða. Í viðardrumb til að mynda fer það 10 sinnum og stundum jafnvel 16 sinnum hraðara en í loptinu, og fer þá meira en hálfa mílu á sekúndu hverri.

46. Bergmál. Vjer skulum ímynda oss, að jeg stæði á miðjum víðum velli, er brattir hamrar lægju að á alla vegu, og hleypti þar úr fallbyssu. Hvellurinn berst þá frá fallbyssunni til hamranna og skellur á þeim; en það er eigi allt úti fyrir það. Þá er hvellurinn tekur hamrana og kemst eigi lengra, snýr hann við aptur, og fer þá beint hina sömu leið, sem hann kom, 1100 fet á hverri sekúndu. Af þessu leiðir, að fáum sekúndum eptir, að jeg hleypti úr fallbyssunni, mun jeg heyra hvellinn aptur frá hömrunum, rjett eins og hleypt hefði verið þar úr fallbyssunni. Þetta hljóð er það, sem vjer nefnum bergmál.

Þjer sjáið þá, að bergmálið verður við það, er hljóðið sætir einhverri mótspyrnu, og kastast við það aptur á leið. En hljóðið fer eigi ávallt sömu leið aptur, og það áður fór. Slíkt er komið undir því, hversu flötur sá er lagaður, sem því skellir á. Tilraun sú er mjög skringileg, sem sýnd er á eptirfarandi mynd. Vjer tökum tvær íhvolfar skálar, sem nefndar eru holskuggsjár eða holspeglar, reis-

um þær á rönd hvora skammt frá annari, og látum íhvelfuna snúa hvora að annari. Því næst tökum vjer stundaklukku, og leggjum hana beint út undan miðjunni á annari skálinni, þar sem heitir brunadepill (*Focus*, *Brændpunkt*) skálarinnar, og höldum eyranu í brunadepli hinnar skálarinnar. Vjer munum þá heyra eins greinilega kvakið í stundaklukkunni, eins og hún væri rjett við eyrað á oss. Ástæðan til þessa er sú, að höggin, sem stundaklukkan ber á loptið, skella á skálina, sem er til vinstri handar, berast þaðan aptur til hinnar skálarinnar eptir strykum þeim, sem dregin eru

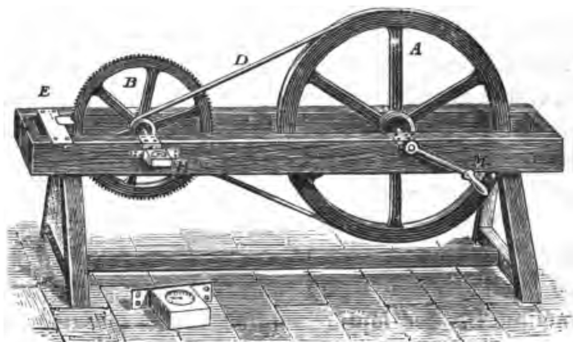


22. mynd.

milli skálanna, og frá þeirri skálinni aptur til eyrans. Allt þetta er sýnt með myndinni. Þessi eiginlegleiki hljóðsins er mjög viðfelldinn í tilrauninni; en í daglegu lífi getur hann stundum reynzt heldur óviðfelldinn og komið sjer illa. Dæmi þess er dómkirkjan í *Girgenti* á Sikiley. Sagan segir, að hversu lágt sem hvíslað sje við vesturdyr kirkjunnar, þá megi heyra það á bak við há-altarið í henni; en

svo vildi illa til, að skriptastóllinn var við vesturdyrnar. Afleiðingin var sú, að hver sá, er stóð á hleri á bak há-altarinu, gat heyrt það, sem sagt var í skriptastólnum, og sem alls eigi var ætlað öðrum mönnum að heyra. Loksins komst þetta upp, og var þá skriptastóllinn fluttur á annan stað. Af þessu apturkasti hljóðsins verður það einnig skiljanlegt, að þá er einhver hvíslar einhverju að öðrum manni við annan vegginn í St. Pálskirkjunni í Lundúnum, má heyra það við hinn, og er þó æði-langur vegur á milli.

47. Hversu kveða má á um það, hve tíður titringurinn þurfi að vera, til að leiða fram það eða það hljóð. Jeg hef þegar sagt yður, að þá er einhver hlutur fyrir titring sinn berji



23. mynd.

loptið fá högg á sekúndu, þá heyrum vjer dimmt

hljóð; en ef höggin verði mörg á sekúndunni, þá verði hljóðið hátt og glymjandi. Það, sem vjer nefnum hæð hljóðsins, er þá komið undir því, hversu tíður titringurinn er. Með tilraunum getum vjer fundið, hversu tíður titringurinn þarf að vera á sekúndu hverri, svo að svari til þess eða þess hljóðs; og jeg vona að geta gjört yður það skiljanlegt með mynd þeirri, sem hjer fer með, hversu þetta má verða.

Hægra megin á myndinni sjáið þjer stórt hjól, og er það nefnt A; því er snúið með sveif, og er hún nefnd M. Utan um hjól þetta er lögð reim, bæði sterk og stríð; liggur hún og yfir möndul annars hjóls, en það er miklu minna og nefnt B. Sökum reimar þessarar snýst og öxull þessa hins minna hjóls, en hann snýst mörgum sinnum í hring, meðan stóra hjólið A snýst að eins einu sinni, en minna hjólið B snýst að sjálfsögðu jafnhratt og möndull þess, og snýst því hratt mjög. Þjer sjáið enn fremur, að rendurnar á hjólinu B eru alsettar tönnum; því næst er tekið spil, og lagt við E þannig, að allar tennurnar á hjólinu B höggva í það, er hjólið snýst.

Í hvert skipti og einhver tönn hjólsins berst á spilið, heyrum vjer hljóð, og kemur það af því, að spilið ber á loptið. Ef hundrað tanna er á hjólinu B, fær loptið hundrað högg, meðan hjólið snýst hringinn í kring. Snúist hjólið hringinn í kring á einni sekúndu, mun loptið, og þá líka eyra vort, fá hundrað högg á sekúndunni; en eyra vort getur eigi greint högg þessi; vjer heyrum

samanhangandi dimmraddaðan hljóm. Ef sveifinni er snúið nógu fljótt, getur svo farið, að hjólið B snúist hringinn í kring 100 sinnum á sekúndu hverri, og með því að spilið fær hundrað högg á hverjum hringsnúningi hjólsins, fær þá loptið á hverri sekúndu 10,000 högg. Á hverri sekúndu slær því loptið 10,000 sinnum á eyra vort, og vjer heyrum því samanhangandi glymjanda.

Ef þjer því viljið vita, hversu tíður titringurinn sje á sekúndunni, sem svari til einhvers ákveðins hljóðs, þá berið þjer yður svo að, sem nú skal greina. Þjer snúið sveifinni æ hraðara og hraðara, unz tannhjólið fyrir aðstoð spilsins leiðir fram það hljóð, sem er með öllu jafnhátt því hljóði, sem þjer eigið að mæla, og er þjer hafið fengið rjettan hraða á hjólið, snúið þjer sveifinni um hríð með sama hraða, t. a. m. eina mínútu eða lengur.

Hjólið B er sett í samband við töluskífu, sem nefnd er H; lítur hún út sem skífa á stundaklukku með vísi. Skífa þessi er gjörð nokkru stærri fyrir neðan sjálfa myndina. Skífa þessi telur eptir, hversu opt hjóltennurnar hafa lent á spilinu, síðan þjer hófuð snúninginn. Þjer látið einhvern annan gæta að töluskífunni í upphafi og við enda hverrar mínútu, meðan snúningurinn varir, en sjálfir snúið þjer stöðugt sveifinni með sama hraða. Ef vjer gjörum svo, að spilið hafi fengið 60,000 högg af hjóltönnunum á mínútunni, þá verður það 1000 á sekúndu hverri, og af því getið þjer ráðið, að hljóð það, sem um var rætt, svari til þess, að loptið hafi fengið 1000 högg á sekúndu hverri.

Hitinn.

48. Eðli hitans. Þjer hafið þegar áður fengið vissu um það, að kraptur nokkur býr í hverjum þeim hlut, sem á kviki er, og að sama má með sanni segja um þann hlut, sem á titringi er. Þjer hafið enn fremur fengið vitneskju um það, að hlutur sá, sem titringur er á, færist eigi úr einum stað í annan, en er kyrr á sama stað, að því er að heild hans lýtur, enda þótt smáhlutar hans bærist á víxl fram og aptur.

Nú skulum vjer íhuga hlutina, er þeir eru heitir gjörðir. Fyrst af öllu spyrjum vjer: Hvað er hiti? Í stað þess að svara spurningu þessari beint og blátt áfram, skulum vjer ímynda oss járnkúlu lagða í eld, og að vjer tökum hana út aptur, þá er hún er orðin hvítglóandi; tökum vjer þá metaskálar, og leggjum kúluna á aðra þeirra, og jafnvægi hennar á hina, og þarna látum vjer kúluna liggja, unz hún er köld orðin. Ef hitinn í kúlunni væri líkamlegur hlutur, þá lægi beinast við að ætla, að kúlan ljettist, eptir því sem hún kólnaði. En eigi er svo. Ef tilraunin er gjörð með nákvæmni og vandasemi, verður sú reyndin á, að kúlan ljettist að engu, þótt hún kólni, og af því getum vjer ráðið, að hvað svo sem hitinn er, þyngir hann eigi knöttinn eða kúluna um eitt kvint.

Jeg ætla að ímynda mjer, að jeg leggist á mjög næma vog, og þá er jafnvægi mitt er komið á móti, læt jeg hella litlu einu af vatni í eyra mjer. Við það hlýt jeg að verða litlu þyngri, en

jeg áður var. En ef eitthvert hljóð berst inn í eyra mjer, verð jeg þyngri við það? Eigi minnstu ögn. Hljóðið skellur á hljóðhimnuna í eyranu, og við það tekur hún að titra, og jeg heyri hljóðið, en jeg verð alls eigi þyngri við það, að hljóðið berst inn í eyra mjer. Þessu er svo varið, að þegar vatnið kemst inn í eyra mjer, þá er það líkamlegt efni, sem inn í eyrað fer, og gjörir mig því að sjálfsögðu þyngri, en jeg áður var. En hljóðið, þótt það berist inn í eyrað, er að eins eins konar titringur, sem inn í eyrað berst, en þyngir mig að engu. Ætli eitthvað því um líkt eigi sjer eigi stað um hluti þá, sem heitir verða? Ætli hitinn sje eigi eins konar líkur titringur, sem treður sjer inn í hlutinn, en þyngir hann alls eigi?

Vjer höfum sannlega fulla ástæðu til að ætla, að hitinn sje í raun rjettri eins konar titringur, þar sem kvik kemst á alla hina einstöku smáhluta líkamans, er þeir hitna, svo að þeir annað tveggja rugga fram og aptur, eða snúast í hring. En þessir hinir einstöku hlutar líkamans eru svo afar-smáir, og titringurinn svo óður og tíður, að augað getur eigi greint það, sem fram fer.

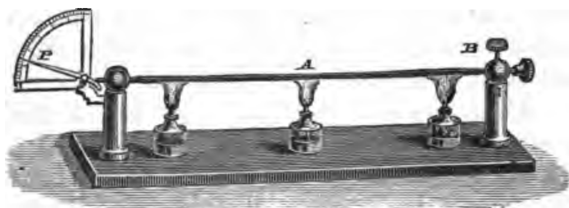
Þjer kunnið að koma með þá mótbáru, að þá er þessi tíði titringur komi í hlutinn, er hann hitni, hvers vegna ekkert hljóð komi þá við titring þennan? Hví ber þessi hinn titrandi hlutur eigi loptið umhverfis mörg smáhögg, eins og hver annar titrandi líkami? Vjer svörum því, að hver heitur hlutur reki tíð smáhögg á hvað eina, sem umhverfis hann er, en þessum smáhöggum er svo varið, að

eyrað verður eigi þeirra vart, en þau hafa áhrif á augað, og við það verðum vjer varir við birtu. Þjer sjáið því, hve mikil líking er á milli þess hlutar, sem hljómur kemur úr, t. a. m. klukku, og líkama þess, sem heitur er orðinn, t. a. m. hvítglóandi járnkúlu. Hinar einstöku smá-agnir beggja líkamanna eru á óðum og tíðum titringi; titringurinn á klukkunni kemur aptur hristingi á loptið, og hann berst aptur að eyrum yðrum; titringurinn á hinni hvítglóandi kúlu tekur það, sem umhverfis hana er, og berst þannig að augum yðrum. Þegar vjer gjörum tilraun með titrandi hlutum, beitum vjer eyrunum, en ef vjer gjörum einhverja tilraun með heitum hlutum, þá beitum vjer augunum. En með hvorumtveggja tilraununum höfum vjer tvennan tilgang. Þá er ræða er um titrandi líkama, rannsökum vjer fyrst hlutina sjálfa, og gefum þess gætur, hversu tíður titringurinn er, og hvernig honum er háttað; því næst leitumst vjer að komast að því, hversu hratt í gegnum loptið hljóð það fer, sem af titringnum leiðir. Á hinn bóginn rannsökum vjer og fyrst á líkan hátt hina heitu líkama, og því næst reynum vjer að fá vitneskju um, hversu hratt um loptið ljósgeislar þeir fara og ylgeislar, sem leggur af þessum hinum heitu líkömum.

49. Útþensla eða stækkun hlutanna við hita. Því nær allir hlutir stækka eða verða fyrirferðarmeiri á alla vegu, þá er þeir hitna. Til þess að sanna yður, að þetta sje satt, skulum vjer hita fastan líkama, lög og lopttegund.

36. Tilraun. Vjer skulum taka langa málm-

stöng, og skrúfa fastan annan enda hennar, B. Hinn endinn leikur laus og getur því að frjálsu teygzt á langinn. Þegar hann teygist út, þrýstir hann á styttri álmuna á vísinum P, en við það færist lengri álman upp eptir boganum. Hversu lítið sem því stöngin lengist, veitir auðvelt að sjá það; því að við það færist vísirinn upp á við. Því



24. mynd.

næst skulum vjer setja þrjá lampa undir stöngina, svo að hún hitni; mun þá sú raunin á verða, að stöngin lengist, og ýtir við það lengri álmu vísisins upp. Ef vjer slökkvum á lömpunum eða tökum þá á braut, kólnar stöngin aptur, og að lítilli stundu liðinni er vísirinn kominn á sama stað aptur, og hann áður var.

37. Tilraun. Því næst tökum vjer mjóa glerpípu, og er holur hnúður á öðrum enda hennar og hann fullur af vatni. Ef vjer hitum hnúð þennan, mun vatnið hækka í mjóu pípunni. Í rauninni stækkar og bæði pípan og hnúðurinn, en vatnið þenst þó meira út en glerið; og af þeim

sökum hækkar það í pípunni; meira að segja, ef engin lægi pípan út úr hnúðnum, er vatnið gæti komizt í, eða ef pípan væri svo lítil, að vatnið rúmaðist eigi í henni, er það hefði bólgnað til fulls, þá mundi það sprengja hnúðinn; með svo miklu afli þenst það út eða bólgnar.

38. Tilraun. Loksins skulum vjer taka blöðru, sem fyllt sje lopti að tveim þriðjungum, og hita hana yfir eldi; en vjer verðum að snúa henni stöðugt; að öðrum kosti brennur hún. Að lítilli stundu liðinni, mun loptið hafa teygt svo úr sjer, að blaðran sýnist vera alveg full.

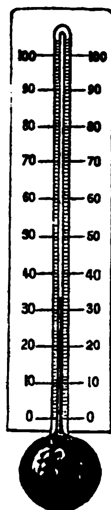
50. Hitamælirinn. Þjer sjáið það á öllum þessum hinum síðustu tilraunum, að hitinn teygir úr öllum hlutum, hvort sem það eru fastir líkamar, rennandi eða loptkenndir. Vjer skulum nú sjerstaklega virða fyrir oss kvikasilfrið, og skulum vjer taka mjóa glerpípu með holum hnúð á enda, og fylla hann með kvikasilfri. Þá er kvikasilfrið hitnar, bólgnar það eins og vatnið, og rennur upp eptir pípunni. Hvorttveggja þenst út, bæði glerið og kvikasilfrið, er það hitnar, svo að ef þjer gætuð mælt hnúðinn vandlega og nákvæmlega bæði kaldan og heitan, mundi sú raun á verða, að hann yrði litlu einu stærri heitur, en kaldur. En glerið teygist þó eigi jafnmikið og kvikasilfrið, og fyrir þær sakir verður kvikasilfrið að taka upp meira rúm, er það hitnar, og því hefjast upp eptir pípunni, og ef hún er afar-mjó, mun kvikasilfrið, hversu lítið sem það úr sjer teygir, hefjast svo mjög, að auðsætt verði. Eintómur hitinn af höndum vorum er nægur til

þess, að verma svo kvikasilfrið, að það hækki í pípunni, og ef kaldur vindgustur leikur um glerpípuna, er það á hinn bóginn nægt til þess, að kvikasilfrið lækki í henni. Þess konar verkfæri er því mjög haganlegt til að fræða oss um, hvort einhver hlutur sje heitari en annar, og gefur oss miklu áreiðanlegra svar um þetta efni, en tilfinningin ein. Vjer skulum til að mynda taka þessa kyns pípu, og reka hnúðinn niður í ílát með vatni í, og halda honum niðri í því fáeinar mínútur; mun þá efri endi kvikasilfursins bera við ákveðinn stað á pípunni. Þar gjörum vjer eitthvert mark í glerið. Því næst tökum vjer verkfærið upp úr þessu ílátinu og stingum því niður í annað ker, sem einnig er vatn í. Ef það vatnið er heitara en hið fyrra, hækkar kvikasilfrið í pípunni, og kemst upp fyrir mark það, er vjer áður gjörðum; en sje vatnið aptur á móti kaldara, mun kvikasilfurs-stöpullinn lækka, svo að efri endi hans verður fyrir neðan markið. Þannig getum vjer fengið fyllstu vissu um, hvort vatnið sje heitara, með því að gæta að hæð kvikasilfursstöpulsins í pípunni.

Þess konar verkfæri er nefnt hitamælir (*Thermometer*), og nú mun jeg segja yður, hversu hitamælar eru til búnir.

51. Hversu hitamælar eru gjörðir. Fyrst af öllu fáum vjer í glergjörðarsmiðju mjóa glerpípu, opna í annan endann, en á hinum endanum sje holur hnúður eða kúla. Því næst hitum vjer hnúðinn yfir eldi eða ljósi; við það þenst út loptið í hnúðnum, og streymir nokkur hluti þess út um

opið á hinum enda pípunnar, snúum vjer þá pípunni við, áður en loptið í henni náir að kólna, og stingum opna endanum niður í skál með kvikasilfri í. Minnizt þess, að nú er minna lopt í hnúðnum en að upphafi; við hitann streymdi nokkur hluti þess út. Eptir því sem loptið kólnar í hnúðnum, eptir því dregst það saman, og mun þá loptþrýstingin að utan knýja kvikasilfrið í skálinni upp í pípuna, eins og það knúði vatnið upp í vatnsdæluna (34. grein). Með þessu móti lendir nokkuð af kvikasilfrinu í kúlunni. Því næst hitum vjer hnúðinn og pípuna að nýju yfir ljósi eða lampa, og höldum honum þar svo lengi, unz kvikasilfrið tekur að sjóða, og mun þess eigi langt að bíða. Gufan upp af kvikasilfrinu fyllir þá alla pípuna og knýr allt lopt braut úr henni. Að svo gjörvu snúum vjer aptur pípunni við, svo að opni endinn snúi niður, og stingum honum enn að nýju niður í kvikasilfrið í skálinni. Með því að ekkert er lopt eptir hvorki í hnúðnum nje pípunni, heldur að eins gufan upp af kvikasilfrinu, þjettist hún, er hún kólnar, og verður aptur að kvikasilfri; við það



25. mynd.

verður loptauðn nokkur í pípunni, og loptið að utan knýr þá kvikasilfrið úr skálinni upp í pípuna, svo að bæði fyllist hún og hnúðurinn. Þegar pípan og hnúðurinn eru full orðin af kvikasilfri, bræðum vjer glerið í pípu-endanum, áður en kvika-

silfrið kólnar, og lokum með því fyrir opið, svo að ekkert lopt komist niður í pípuna. Þá er þessu verki er lokið, og pípan er nægilega köld orðin, stingum vjer hnúðnum niður í mulinn ís, sem tekinn er að bráðna. Við það lækkar kvikasilfrið í pípunni, er ísinn er kaldur mjög. Þá er það hefur sjatnað til fulls, og lækkar eigi meira í ís þessum, er sett eitthvert mark á pípuna við efri endann á kvikasilfurs-stöplinum, og við þetta mark mun kvikasilfrið ávallt staðar nema, er verkfærið eða hnúðurinn er rekinn niður í ís, sem er að bráðna, eða eitthvað jafnkalt. Að því búnu tökum vjer aptur verkfæri þetta og stingum bæði hnúðnum og pípunni niður í sjóðandi vatn, og gjörum enn mark á pípuna, þar sem efri endi kvikasilfurs-stöpulsins nemur þá staðar. Það er auðvitað, að mark þetta verður talsvert ofar á pípunni, er kvikasilfrið hefur þrútnað mjög við hitann af vatninu. Nú höfum vjer gjört tvö mörk á pípunni; sýnir annað þeirra, hvar efri endi kvikasilfurs-stöpulsins verður, er verkfærinu er stungið niður í ís, sem er að bráðna; en hitt markið sýnir, hversu hátt kvikasilfrið fer upp eptir pípunni í sjóðandi vatni. Hið fyrra markið nefnum vjer frostmark (eða þeymark); þá er kvikasilfur stendur eigi hærra í pípunni en við mark þetta, er hiti eigi meiri en svo, að vatn tekur þá að frjósa. Hitt markið nefnum vjer suðumark á hitamæli. Síðar munuð þjer fá að vita, að hitinn er eigi ávallt hinn sami á sjóðandi vatni. En vjer hleypum því atriði fram hjá oss að sinni, og látum, sem sjóðandi vatn sje ávallt jafnheitt.

Þá er vjer höfum gjört þessi tvö mörk á glerpípuna, frostmarkið og suðumarkið, skiptum vjer bilinu millum þeirra í 100 jafnstóra hluta. Pípan er öll dregin utan með vaxi, og því næst gjörðar ristur í vaxið með nálaroddi, þar sem mörkin eiga að vera. Að svo gjörvu er pípunni stungið niður í eins konar sýru, sem vinnur eigi á vaxinu, en jetur sig inn í glerið í öllum ristunum, sem voru gjörðar í vaxið. Þá er vjer tökum pípuna upp úr sýrunni og strjúkum vaxið af henni, munu allar risturnar, sem vjer gjörðum í vaxið, vera sýnilegar á glerinu, svo sem rimastigi væri með 100 höptum allt á millum frostmarks og suðumarks, og táknar þá hvert hapt nokkru meiri hita, en næsta mark fyrir neðan, en nokkru minni hita, en næsta mark fyrir ofan. Ef vjer því næst ritum 0 við frostmarkið, og 100 við suðumarkið, og 10, 20, 30 o. s. frv. við tíundu hverja ristu, frá frostmarkinu að telja, þá er hitamælirinn algjörður. Til þess að geta notað hitamælinn, og sjeð lopthitann, þá er hann er minni en 0, eru lík mörk sett á pípuna niður frá frostmarki.

Hitamælir sá, þar sem bilinu milli frostmarks og suðumarks er skipt í 100 stig, er kenndur við höfundinn, er *Celsius* hjet, og er hann við hafður í öllum vísindalegum rannsóknum. En til er og önnur skipting, eptir mann þann, er *Reaumur* hjet. Hann skipti þessu bili í 80 stig.

Ef einhver hlutur er svo heitur, að kvikasilfrið í hitamælinum, er honum er stungið þar niður í, hækkar svo, að nær markinu 10, 20, 30, o s. frv.,

segjum vjer, að hiti þessa hlutar sje 10, 20, 30, mælistig, og er ritað 10°, 20°, 30°. Hitinn í ís, er hann tekur að bráðna, er þá 0°, og hiti sjóðandi vatns 100° eptir hitamæli *Celsiusar*, en 80° eptir hitamæli *Reaumurs*. Meðalhitinn á sumrum í Reykjavík er 11,9° C., en á vetrum hálfu öðru *stigi* (1,5° C.) fyrir neðan 0° (frostmark). Hiti blóðsins í líkama manna og annara spendýra er nær 37°, en blóðshiti fugla er 42°.

52. þensla eða þrútnun fastra hluta. Með líkri aðferð og þeirri, sem vjer beittum við 36. tilraunina, en þó nákvæmari, hefur það fundið verið, hversu mikið glerstöng eða málmstöng hefur teygzt við 100° hita frá því sem hún er við 0°, og skal nú greina frá niðurstöðunni um ýms efni. Vjer tökum stöng, sem er 100,000 þumlunga löng, og teygist hún:

úr gleri	um	85	þuml.
— lýsigulli (Platin) . .	—	87	—
— steypujárni	—	109	—
— stáli	—	114	—
— smíðajárni	—	120	—
— gulli	—	144	—
— eir	—	171	—
— látúni	—	188	—
— silfri	—	192	—
— tini	—	196	—
— blýi	—	282	—
— sinki	—	298	—

53. þrútnun lagar. Allir legir eða rennandi hlutir þrútna meira við hita en fastir hlutir; en þjer

getið eigi reynt það á stöng úr legi; það er eigi auðið að gjöra stöng úr honum. Vjer verðum að taka ákveðið mál, t. a. m. pela eða hálfa mörk. Vjer skulum t. a. m. taka 100,000 pela einhvers lagar, er hiti hans er 0°, og reyna, um hve marga pela þessi lögur þrútnar, er hiti hans er orðinn 100°, eða hversu margra pela rúm hann tekur þá upp.

Ef vjer hitum 100,000 pela kvikasilfurs, unz hiti þess er orðinn 100°, þá þrútnar það um 1815 pela, en 100,000 pelar vatns þrútna um 4315 pela.

Með þess konar tilraunum hefur sú reynd á orðið, að

Lögur allur þrútnar meira en fastir hlutir við sama hita-auka, og að þrútnun lagarins verður að tiltölu hraðari við mikinn hita en lítinn.

54. Þrútnun eða þensla lopttegundanna. Lopttegundirnar þrútna og við hita, og það afarmikið; en vjer verðum að minnast þess, að það eru fleiri hlutir en hitinn, sem valda þenslu lopttegunda. Þjer munið eptir strokleðursknettinum, sem látinn var undir klukkuna á loptdælunni. Hann tók þegar að þrútna, og loptið var sogað úr klukkunni (25. tilraun). Þá er vjer viljum verða þess áskynja, hversu mikið svo eða svo mikið af lopti bólgni út við hitann, verðum vjer að ala önn fyrir, að loptið umhverfis breyti eigi áþrýstingu sinni, meðan á tilrauninni stendur. Með öðrum orðum: vjer tökum blöðru með nokkru lopti í, sem

eigi sje heitari en nemi 0°, og gætum að, hversu mikið hún þenst út, þegar hún er heitt undir beru lopti, svo að áþrýsting þess verði óbreytt, unz hiti loptsins í henni er orðinn 100°. Ef vjer berum oss þannig að, mun svo reynast, að ef blaðran er eigi gjörfyllt af lopti, og rúmi hún þúsund teningsþumlunga í hita þeim, sem sje 0°, þá rúmar hún 1367 teningsþumlunga í hundrað mælistiga hita. Ef vjer því tökum mikið af ísköldu vatni, og látum það í ker, og látum blöðru þessa niður í vatnið, svo að hún fari í kaf, þá mun vatnið hækka svo í kerinu, að nemur 1000 teningsþumlunga rúmi, eða teningsmáli blöðrunnar; en ef vjer hellum sjóðandi vatni í sama kerið, og stingum blöðrunnni niður í það, mun vatnið hækka í kerinu, svo að nemur 1367 teningsþumlungum; og þetta er þá fyrirferð blöðrunnar í 100° hita.

55. Athugasemdir við þrútnun. Legir og fastir hlutir þrútna og bólgna með afar-miklu afli. Ef þjer takið hola járnkúlu og fyllið hana vatni, lokið henni því næst með skrúfu, og hitið síðan, getur vatnið bólgnað svo, að það sprengi kúluna.

Við tilbúning á stórum járnbrúm verður því að gæta þess, að járnið hafi nægt rúm til teygja úr sjer, því að í sumarhitanum munu brúarásarnir teygjast, og verða lengri en á vetrum, og hafi þeir eigi nægt rúm til þessarar lengingar, munu þeir bogna fyrir þensluaflinu.

Þetta þenslu-afl og samdráttar-afl er notað við ýmsar smíðar, t. a. m. smíðar á vagnhjólum. Járnhringur sá, sem leggja á utan um hjólið, er

eigi gjörður stærri en svo, að hann falli utan um hjólið, er hann er gjörður glóandi; hann er því næst skjótlega kældur, og dregst þá saman svo mjög, að hann kreistist inn í hjólið, og honum verður eigi þokað til.

56. Eðlishiti hlutanna. Sumir hlutir þurfa meiri hita en aðrir til þess að hitna um eitt stig. Því meiri hita sem þarf til að hita 2 marka þunga einhvers hlutar um eitt stig, því meiri eðlishita er sagt að hluturinn hafi í sjer. Vatn hefur afarmikinn eðlishita, eða með öðrum orðum: Það þarf meiri hita til að auka hita vatnsins um eitt stig, en nokkurs annars hlutar. Sá hiti, sem eykur hita tveggja marka veginna af vatni um eitt stig, er nægur til að auka hita 9 punda járns, 11 punda sinks, eða 30 punda kvikasilfurs eða gulls um eitt stig.

39. Tilraun. Svo að þjer getið sannfærzt um hinn mikla eðlishita vatnsins, skulum vjer taka fjórar merkur vegnar af kvikasilfri, og hita upp að suðumarki (100°), hella því næst þar saman við 2 mörkum vatns með vanalegum hita sínum, og hafa þó kannað áður, hversu mikill hann er; að svo gjörvu skulum vjer stinga hitamæli niður í þennan blending; mun þá reynast svo, að vatnið hefur naumast hitnað meira en um fimm stig við kvikasilfrið, sem í það var hellt.

57. Breyting á myndinni. Þjer hafið þegar heyrt talað um hinar þrjár myndir efnisins, eða þrenns konar hluti: fasta líkami, legi og lopttegundir. Nú ætla jeg að skýra yður frá, að þegar

ýmsir fastir hlutir eru heitir gjörvir, renna þeir sundur og verða að legi, og úr legi verða þeir síðan að gufu. Þannig er ís, vatn og gufa samsett af öllum hinum sömu efnum; en er ísinn er heittur, rennur hann og verður að vatni, en vatnið verður aptur að gufu, ef eldinum er haldið við. Öll hin sama breyting verður á öðrum efnum, ef sömu aðferð er beitt. Vjer skulum t. a. m. taka dálítið stykki af málmi þeim, sem nefndur er sink, og hita það; að lítilli stundu liðinni mun það bráðna, og ef vjer höldum áfram að hita það nóg, breytist það að síðustu og verður að sinkgufu. Það má jafnvel bræða hart járn eða stál, og, hvað meira er, breyta því í gufu; og öll eru líkindi til, að vjer getum fyrir krapt þann, sem nefndur er rafurmagn, og vjer munum síðar ræða um, hitað hvert efni svo mjög, að það verði að gufu.

Á hinn bóginn getum vjer eigi kælt alla hluti svo, að þeir verði fastir í sjer, og mörg loptkennd efni verða eigi gjörð svo mikið sem rennandi, hversu miklum kulda sem beitt er. Þannig hefur t. a. m. aldrei tekizt að gjöra vínanda svo kaldan, að hann frjósi. En það vitum vjer, að vjer þurfum ekki annað, en að geta gjört kuldann nógu mikinn, til þess að oss takist að láta vínandann frjósa. Eins er um það, að engum hefur enn tekizt, að gjöra andrúmsloptið lagarkennt; en það eitt, sem vjer þurfum til þess, er nægur kuldi. En þjer megið eigi misskilja orð mín, eða ímynda yður, að jeg með kulda eigi við annað, en að allur hiti sje á burtu. Kaldan köllum vjer hvern þann hlut,

sem lítill hiti er í, og þann kaldari, sem enn minni hiti felst í; en hversu kaldur sem einhver hlutur er, hefur hann þó nokkurn hita í sjer. Þjer megið eigi láta tilfinningu yðar leiða yður afvegis í því efni. Tveir hlutir geta þeir verið, er hafi sama hita í sjer, eptir því sem hitamælirinn sýnir; og þó getur yður fundizt annar þeirra miklu kaldari en hinn. Ef þjer haldið annari hendi yðar um hríð niðri í mjög köldu vatni, og hinni hendinni í mjög heitu, og stingið þeim síðan báðum í senn niður í jafnheitt vatn, finnst yður það kalt vera á annari hendinni, en heitt á hinni. Þjer skuluð því reiða yður á hitamælinn einn og ekkert annað, og eigi ímynda yður, að kuldi sje annað en lágt stig hitans.

Öll eru líkindi til, að allir hlutir yrðu fastir, ef vjer gætum að eins gjört þá nógu kalda, eða með öðrum orðum: ef vjer gætum náð nógu miklum hita úr þeim; og á hinn bóginn mundu þeir allir aptur verða rennandi, er þeir væru heittir nægilega, og að síðustu verða að gufu, ef hitunni er haldið áfram. Á því er þó mikill munur, hversu fljótt þeir láta undan hitanum. Ís bráðnar við hversu lítinn hita sem er yfir 0°, tin og blý renna fyrst við hita, sem nemur 200—300°. Járn er enn torveldara að bræða en blý, og lýsigull enn torveldara en járn.

Vjer skulum nú til greina, hversu mikinn hita þarf til að bræða ýms hin almennustu efni.

Ís	bráðnar við	0° hita
Ljósvaki eða glórefni (*Phosphor*)	—	— 44° —

Tylgi *(Stearin)*	bráðnar	við	49°	hita
Kalíum . . .	—	—	58°	—
Tin	—	—	235°	—
Blý	—	—	325°	—
Silfur . . .	—	—	1000°	—
Gull	—	—	1250°	—
Járn	—	—	1500°	—

Lýsigull er svo erfitt að bræða, að eigi verður sagt með vissu, hversu mikinn hita þarf til að bræða það. Þó eru kol enn seinbráðnari, og renna þau eigi, hversu sem kynt er; enda hefur enginn heyrt þess getið, að þau hafi í ofni bráðnað, og dropið niður um járngrindina undir þeim.

Á þessu má sjá, að sama verður breytingin á öllum hlutum við hitann. Ef vjer gætum beitt nógu miklum kulda, mundu allir hlutir fastir verða sem ís; og ef vjer á hinn bóginn gætum við haft nógu mikinn hita, mundu þeir allir breytast í gufulíki. Breytingin er alla-jafna sams konar, og vjer getum eigi farið hyggilegar að, en að nota vatnið að fyrirmynd allra annara efna að þessu leyti, og virða fyrir oss aðferð þess við hita, og byrja á því, er það er fastur ís.

58. Falinn hiti vatnsins. Vjer skulum taka mjög kalt klakastykki, mylja það smátt, og stinga því næst hitamæli á hnúðinn niður í þessa ísmylsnu. Vjer gjörum svo, að kvikasilfrið sigi þá 20 mælistig niður fyrir frostmark (0°). Því næst skulum vjer hita ísinn, og hiti hans eykst eins og hvers annars líkama, þegar eins er ástatt, unz hann verður 0°; en þar nemur hann staðar, og eykst eigi

úr því, á meðan nokkur ís er eptir óbráðinn. Hvað gjörir þá hitinn, er hann eykst eigi í ísnum upp fyrir frostmarkið? Hann bræðir klakann. Í fyrstunni gekk hann allur til þess, að auka hita íssins, en úr því sá hiti hefur náð frostmarkinu, hefur hann allt annað ætlunarverk að leysa; upp frá því gengur hann allur til að bræða klakann; og í sömu svipan, og ísinn er allur bráðnaður, er hiti vatnsins úr honum 0°, og það er því engu heitara en ísinn, meðan hann var að renna; það er jafnheitt honum; en auk þess geymir það í sjer mikinn hita, sem nefndur er falinn hiti, því að hann hefur engin áhrif á hitamælinn.

40. Tilraun. Þjer getið reynt þetta sjálfir. Þjer skuluð taka klakastykki, mylja það sundur í smátt, láta síðan á tinpönnu og híta yfir lampa eða ljósi, unz allur klakinn er bráðnaður. Ef þjer þá stingið hitamæli niður í vatnið, mun hiti þess trauðla verða meiri en 0°, eða með öðrum orðum: Ísinn bráðnaður er jafnkaldur og hann var, áður en hann var bráðinn orðinn.

59. Falinn hiti gufunnar. Vjer höfum nú þegar breytt ís í vatn; en vjer höldum áfram að heita vatn þetta, og mun þá hiti þess aukast, eins og annara hluta, unz hann nær suðumarki, eða er orðinn 100 mælistig. Þá nemur hann staðar, og eykst eigi úr því; og hversu miklum hita sem vjer heitum á það, vinnum vjer það eitt á, að vatnið verður að gufu, en hiti hennar er 100°, og eigi meiri. Eins og mikill hiti gekk til þess, að breyta ís með frostmarkshita í vatn, og það þó eigi varð

heitara, á sama hátt gengur og mikill hiti til að breyta vatni með 100° hita í jafnheita gufu. Vjer getum því sagt með fullum rjetti, að gufa, er hiti hennar er 100°, er að hitanum til jöfn vatni, er hiti þess er 100°; en að auki hefur gufan í sjer allmikinn hita, sem nefndur er falinn hiti, sökum þess að hann engin áhrif hefur á hitamælinn.

41. Tilraun. Þetta getið þjer reynt með því, að sjóða nokkurt vatn í flösku, og stinga hitamælinum fyrst niður í hið sjóðandi vatn, og því næst í gufuna; mun þá sú raun á verða, að vatnið er jafnheitt gufunni, eða að gufan er að engu heitari en sjóðandi vatn.

Þannig sjáið þjer, að ísinn þarf falinn hita til þess að verða að vatni, og að vatn þarf falinn hita til þess að verða að gufu. Nú getum vjer kveðið á um, hversu mikill hiti gengur til þess, að breyta 1 pundi af ís með 0° hita í eitt pund vatns, sem sje jafnheitt; mun svo reynast, að til þess gengur jafnmikill hiti, og til að auka hitann í 79 pundum vatns um eitt stig. Hiti sá, sem gengur til þess að hita 1 pund vatns um eitt stig, er nefndur **hita-eining**, og vjer getum því sagt, að til þess að bræða 1 pund af ís gangi 79 hita-einingar, eða að 1 pund vatns hafi í sjer 79 hita-einingar falins hita, eða með öðrum orðum, að hinn faldi hiti í einu pundi vatns sje jafn 79. Á líkan hátt hefur það verið fundið, að til þess að breyta 1 pundi sjóðandi vatns í gufu gangi jafnmikill hiti, eins og til að gjöra 537 pund vatns einu stigi heitara

en áður, og að hinn faldi hiti í einu pundi vatnsgufu sje því jafn 537.

Það þarf því talsverðan hita til að bræða ís, og því einnig talsverðan tíma. Það vill og vel til, að svo er; því að hvernig mundi fara, ef ísinn bráðnaði snögglega, undir eins og hitinn í honum væri orðinn 0°, og breyttist þá allur í einu í vatn, hversu lítið sem hann hitnaði fram yfir 0°? Við það mundi mikill hluti af yfirborði jarðarinnar verða óbyggilegur; því að ísinn á fjöllum uppi mundi bráðna allur, er fagurt veður væri á vordegi, og vatnið streyma niður með slíku ofurmegni, að það mundi svipta á braut með sjer öllu því, sem fyrir yrði, og flóa yfir afarstór svæði niðri á láglendinu. Eins er það og haganlegt mjög fyrir oss, að mikill hiti gengur til þess, að breyta sjóðandi vatni í gufu; því að ef svo væri, að vatnið breyttist þegar allt í senn í gufu, er það tæki að sjóða, mundi hver kaffiketill springa í lopt upp, er á honum færi að sjóða, og eins mundi fara um hvern gufuketil, t. a. m. í gufuskipum, og gufuvjelar gætu þá með engu móti að gagni komið.

Yður hefur sagt verið, að vatnsgufan er ósýnileg lopttegund, eins og andrúmsloptið. Þegar sýður vel á katli, munuð þjer hafa tekið eptir, að þjer enga gufu sjáið rjett við sjálfan stútinn, en svo sem hálfan þumlung frá honum sjáið þjer eins og einhverja þoku. Allt um það streymir vatnsgufa út um stútinn á katlinum; en þokan, sem þjer sjáið, er mjög smáir vatnsdropar, og myndast þeir, þá er vatnsgufan kólnar í loptinu; það er því eigi

vatnsgufa, heldur vatn. Vatnsgufan sjálf er ósýnileg, eins og andrúmsloptið eða hver önnur lopttegund.

60. Niðurseyðing vatns og breyting þess í gufu. Jeg hef nú þegar sagt yður allmikið um gufu þá, sem leggur upp af sjóðandi vatni. En jeg hef eigi sagt, að alls engin gufa myndist, fyr en vatnið sjóði; það væri og eigi rjett. Á því getur enginn efi leikið, að þjer hafið allir tekið eptir því, að þegar vatn er heitt yfir eldi, rýkur upp af því löngu áður, en það tekur að sjóða. Þá er vott fat er hengt nærri eldi, þornar það; það er með öðrum orðum, að vatnið í fatinu breytist í gufu og hverfur á braut. Þegar vatnið breytist í gufu, án þess að það sjóði, þá segjum vjer, að það r j ú k i u p p af því, en annars, að það s j ó ð i n i ð u r. Munurinn er sá einn, að þá er vatn er heitt yfir eldi, verður hitinn í fyrstunni að vinna tvennt í senn, bæði að hita vatnið og breyta nokkrum hluta þess í gufu. En er suða er komin á vatnið, þá getur það eigi heitara orðið; hversu mikið sem vjer kyndum undir pottinum eða katlinum, gengur allur hitinn til þess, að breyta vatninu í gufu, og þessi gufa stafar eigi frá yfirborði vatnsins, heldur kemur hún neðan frá botni pottsins eða ketilsins. Af þeim sökum er það, að vjer heyrum einhverja suðu, er vatnið sýður; en henni valda loptbólurnar, er þær leita upp í gegnum vatnið til að komast út í loptið.

61. Hvert suðumarkið er, það er komið undir þrýstingunni. Jeg hef áður getið þess, að suðumark vatnsins er eigi ávallt hið sama, eins og

frostmarkið, eða að eigi þarf ávallt jafnmikinn hita, til að hleypa suðu upp á vatni, en það er komið undir loptþrýstingunni. Ef loptþrýstingin minnkar, getur vatn soðið, þótt hiti þess sje eigi 100°. Þjer munið eptir, að yður var sagt, að loptþrýstingin er minni efst uppi á háum fjöllum, en við rætur þeirra, sökum þess, að þar er loptlagið orðið þynnra yfir yður, og því ljettara og liggur eigi jafnþungt á yður. Af þessu leiðir, að efst á háu fjalli sýður vatnið við minni hita en niðri á láglendi. Efst á *Mont Blanc* í Mundíufjöllum, sem er meira en hálf míla á hæð, kemur suða á vatn við 85° hita, og ef því ferðamaður ætlaði að sjóða egg þar uppi, gæti hann setið yfir því stundum saman og fengið það þó eigi harðsoðið; því að það þarf meiri hita en 85° til þess að harðsjóða hvítuna í egginu.

Ef vjer á hinn bóginn ætluðum að hleypa suðu upp á vatni niðri í djúpum námum, mundi til þess þurfa talsvert meiri hita, en næmi 100°.

42. Tilraun. Af tilraun þeirri, sem hjer fer á eptir, má sjá, að suðumark vatnsins er komið undir loptþunga þeim, sem liggur á yfirborði þess. Vjer skulum taka glerflösku, eins í lögun og þá, sem dregin er upp í 26. myndinni, og hálffylla hana með vatni; því næst hleypum vjer upp suðu á vatninu, og höldum henni við, þangað til vjer getum átt það víst, að vatnsgufan hefur knúð allt lopt út úr flöskunni, og ekkert er eptir í henni nema vatn og vatnsgufa. Að svo gjörvu setjum vjer tappa í flöskuna og fellum vel, og snúum

flöskunni á stútinn, eins og gjört er á 26. myndinni. Þá er suðunni ljettir, tökum vjer njarðarvött, dýfum honum niður í kalt vatn, og kreistum hann síðan, svo að vatnið drjúpi niður á flöskubotninn. Suðan hefst þá þegar aptur. Ástæðan til þessa er sú, að áður en kalda vatnið draup á flöskubotninn, lá allmikill þungi af gufunni ofan á vatninu, og þrýstir svo fast á, að suðan hættir.



26. mynd.

En er kalt vatnið drýpur á flöskuna, kólnar gufan í flöskunni og dregst saman, og verður við það þrýstingurinn minni á vatnið; og með því að vatnið á hægra með að sjóða við litla áþrýstingu en við mikla, tekur það þegar að sjóða aptur; því að þá er hitinn nægur til suðu, er áþrýstingin minnkar.

Áður en jeg skil við þennan þáttinn, ætla jeg að segja yður, að þar sem sumir hlutir þrútna út

og bólgna, er þeir bráðna, eru á hinn bóginn sumir þeir hlutir, er dragast þá saman.

43. Tilraun. Vjer skulum t. a. m. taka ísstykki. Þjer vitið, að ís flýtur ofan á vatninu, og því er ís ljettari en vatn[1]. Þá er ísinn bráðnar og verður að vatni, dregst efnið í ísstykkinu talsvert saman, og er vatnið frýs og verður að klaka, bólgnar það talsvert út; við það verður ísinn eðlisljettari en vatn, og af þeim sökum flýtur hann ofan á vatninu, eins og alkunnugt er. Þessi þrútnun vatnsins, er það frýs, verður með afli miklu og ofstæki. Ef t. a. m. holur járnhnöttur er vendilega fylltur vatni, og tappi því næst rekinn í gatið, og knötturinn að svo gjörvu látinn út í mikið frost, svo að vatnið frjósi, mun það ýta tappanum út, og ístappi standa upp úr gatinu; og sje tappinn rekinn svo fast í, að vatnið geti eigi ýtt honum út, mun kúlan springa, þótt úr járni sje. Járn, bæði stál og steypujárn, hleypur saman, eins og ísinn, er það er brætt, og þrútnar út eins og vatn, er það storknar. Hvítglóandi stálflaga flýtur því ofan á bræddu stáli, og moli af glóandi steypujárni flýtur ofan á bræddu steypujárni. Gull aptur á móti, silfur og eir þrútna út, er bráðna, en hlaupa saman, er storkna. Málmar þessir renna því eigi í mótholur allar, er eitthvað er úr þeim steypt, og eru peningar úr þeim fyrir þá sök eigi steyptir í móti, heldur slegnir.

Allir hlutir aptur á móti bólgna mjög, er þeim

1) Vatn er þjettast við 4° hita.

er breytt í gufu, svo að þegar einum teningsþumlungi vatns er breytt í gufu, tekur hann upp nær 1700 teningsþumlunga rúm.

62. Önnur áhrif hitans. Nú hafið þjer sjeð, að hitinn belgir upp alla hluti eða gjörir þá fyrirferðarmeiri, en þeir eru kaldir, og að hann og fær þeim aðra mynd, svo að fastir hlutir verða rennandi og rennandi hlutir að gufu. Þjer hafið og sjeð, hversu miklu hitinn megnar, hversu hitinn gjörir hið harðasta járnmilti hvítglóandi og kramt sem brætt tólk, og breytir því síðan í gufu, ef hitinn er aukinn.

Hitinn hefur og margs konar önnur áhrif, og sjerstaklega styður hann að aðdrætti frumefnanna. Þannig sameinast kol eigi súrefni (*Ilt*) loptsins í litlum hita, og getum vjer því öruggir geymt kol vor, hversu lengi sem vera skal, í kjöllurum í jörðu niðri; en sje eldur að borinn, þá renna kolin og súrefnið saman, en úr því sameiningin er byrjuð, heldur hún áfram, og þá er sagt, að kolin brenni.

Þannig er í 5. tilrauninni í 6. grein efnafræðinnar fyrst beitt hita til að sameina brennisteinsblóm og eirspæni, en er sameiningin er byrjuð, veldur hún aptur hita, og úr því helzt hún við af sjálfri sjer, og þarfnast einskis hita frá lampanum.

63. Kuldablendingur. Sjerhver sameining frumefna veldur hita, svo sem yður hefur verið áður sagt (6. grein efnafræðinnar). Allt um það vekja tvö efni, sem bræða hvort annað, stundum kulda, en eigi hita, er þau renna saman. Þannig er um vanalegt salt og snjó; þessi efni bræða hvort annað, en af þeim samanrunnum stendur talsverð-

ur kuldi, eða rjettara sagt: þau eyða talsverðum hita.

44. Tilraun. Til að sanna þetta skulum vjer blanda snöggt saman dálitlu af salti og hálfbráðnuðum snjó, og stinga síðan niður í þennan blending hitamæli. Kvikasilfrið í pípunni mun þá þegar síga niður fyrir frostmarkið, og er það sönnun þess, að blendingur þessi er kaldari en ís, sem tekinn er að bráðna.

Hver er ástæðan til þessa? Ástæðan er sú, að þá er þessi tvö efni hafa blandazt, eru þau orðin rennandi eða lögur, en eru eigi lengur föst efni; þau eru orðin að sterkri saltblöndu. Yður hefur áður verið sagt, að hitinn felist, þá er fastir líkamar verða að legi, t. a. m. þá er ís verður að vatni. Blanda þessi felur því í sjer eða gleypir allmikinn hluta af hita snjávarins og saltsins, og af því leiðir, að blandan sjálf er mjög köld, með því að tveir fastir líkamar eru runnir saman í eitt. Þegar tveir fastir líkamar bræða þannig hvor annan eða leysa sundur, minnkar hitinn mjög opt, er blandan sogar í sig allmikinn hita og felur hann. Úr þessa kyns hlutum er sagt að verði **kuldablendingur**, er þeir renna saman.

Líkt stendur á, þegar einhver lögur verður snögglega að gufu, að oss finnst þá kólna talsvert, og kemur það af því, að lögurinn þarf afar-mikinn hita til þess að verða að gufu, og tekur hann, hvar sem hann getur, og þá þaðan, sem næst er. Ef þjer látið einn dropa af legi þeim, sem *Æther* er nefndur, drjúpa á hönd yðar, finnst yður dropi

þessi kaldur mjög, en hann þornar fljótt upp, eða verður að gufu. Dropi þessi hefur sogað allmikinn hita úr hendi yðar, svo að hann geti orðið að gufu. Vjer getum minnkað hitann mjög og jafnvel vakið mikinn kulda, með því að þurrka upp mjög snöggt ýmsa vökva, eða breyta þeim í gufu.

45. Tilraun. Til að sanna þetta helli jeg vatni í grunna skál, og set hana undir klukku á loptdælu, og þar hjá aðra með brennisteinssýru í, og tek því næst að soga loptið út. Við það að loptþrýstingin minnkar á vatnið, breytist það í gufu, og það fljótt mjög, og til þess tekur það svo mikinn hita úr sjálfu sjer, að það verður sjálft að ís. En brennisteinssýran sogar þegar í sig vatnsgufuna, jafnótt og hún myndast, og hún getur því eigi valdið neinni þrýsting á vatnið; en þrýstingin mundi tálma vatninu að verða að gufu.

64. Hitaleiðsla; ylnæmi. Þótt einhver hlutur sje heittur, mun hann eigi halda hitanum ávallt í sjer; hann mun hleypa nokkru af hita sínum í þá hluti, sem í nánd eru og kaldari, og þetta verður á ýmsan hátt, eptir því sem á stendur.

46. Tilraun. Vjer skulum t. a. m. reka járntein í logandi eld, mun þá nokkur hluti af hita eldsins hlaupa í þann hluta járnteinsins, sem í eldinum liggur, og þessi hiti rennur eptir endilöngum teininum og út í þann endann, sem firrstur er eldinum, og að síðustu verður hann svo heitur, að þjer getið eigi tekið á honum. Þessi rás hitans eptir járnteininum er nefnd **hitaleiðsla**.

47. Tilraun. Því næst tökum vjer flösku, hálffulla af vatni, höldum henni yfir logandi lampa, látum logann leggja upp undir hana, og gjörum hana heita með því móti. Eptir því sem vatnið á botni hennar hitnar, bólgnar það út og ljettist, og streymir því upp í gegnum hið kalda vatnið, af sömu ástæðu eins og að korki skýtur upp úr vatni; streymir þá hið kalda vatn í nándinni þangað, sem hitt var áður, af því að það er þyngra. Með þessu móti kemur ávallt nýtt vatn í stað hins heita, og loginn á lampanum hitar það jafnóðum, og að síðustu verður allt vatnið í flöskunni heitt, og tekur að lokum að vella og sjóða. Þetta er nefnt hitastraumur, og á þennan hátt hitnar loptið.

Hiti sólarinnar flyzt þó til vor á hvorugan þennan hátt. Hvort sem hitinn berst fyrir leiðslu eða straum, flytja þó smá-agnir hvort heldur fasts líkama eða lagar hann áfram; en vjer höfum fulla ástæðu til að ætla, að engar slíkar smá-agnir eða smá-hlutar sjeu í geiminum millum vor og sólarinnar; og jafnframt vitum vjer, að ljós og hiti sólarinnar þarf einar 8 mínútur til þess, að komast frá sólunni til vor, og er sá vegur þó meira en 20 milíónir mílna. Af þessu er þá auðsætt, að hiti sólarinnar fer með afarmiklum hraða, og það er óhugsandi, að hann á þeim tíma hiti upp allar þær smá-agnir, sem eru á leið hans frá sólunni til jarðarinnar, og komist þannig til vor að lokum. Þessu til sönnunar er og það, að á köldum vetrardegi, þá er loptið er mjög kalt, og alls eigi hitað af sólunni, finnum vjer samt mikinn

yl af sólargeislunum. Þá er hitinn berst til vor frá sólunni, eða hverjum öðrum mjög heitum hlut á þennan hátt, án þess að hita upp það, sem á milli er, má nefna hann geislahita.

Þjer sjáið nú, að hitinn frá hinum heitu líkömum berst til annara kaldra á þrjá vegu, annaðhvort fyrir leiðslu, í straumi eða í geislum. Vjer skulum hugleiða þessar þrjár hitategundir í röð hverja á eptir annari.

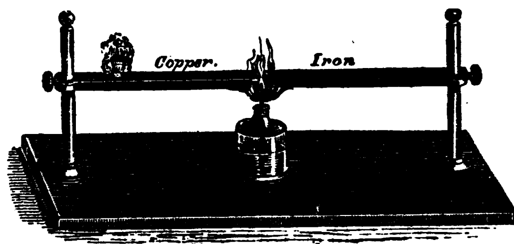
65. Hitaleiðsla. Vjer höfum sagt yður, hversu færi, ef járnteinn væri í eld rekinn, að sá endi hans, er frá eldinum vissi, yrði að síðustu svo heitur, að þjer gætuð eigi tekið á honum. En ef þjer í stað málmteins hefðuð tein úr gleri eða steini, og rækjuð annan enda hans í eld, mundi hinn endinn aldrei verða mjög heitur, vegna þess að hitinn berst eigi eins vel eptir gleri og steini, eins og eptir málmi.

Ull og fiður eru enn lakari hitaleiðendur, og beint fyrir þá sök eru þau svo ágætur búningur fyrir dýrin. Líkamshiti dýranna er vanalega meiri en í þeim hlutum, sem umhverfis þau eru, og þennan hita leggur trauðla út í gegnum ullina, fiðrið eða húðina, sem dýrin eru búin. Ef vjer viljum halda heitu kaffi í katlinum, þurfum vjer eigi annað en draga hettu t. a. m. úr ull yfir ketilinn, og mun þá kaffið kólna miklu seinna.

Efni þau, sem hitanum veitir örðugt að komast eptir, verða höfð eigi að eins til að varna hitanum útrásar, heldur og til að verjast hita. Það er t. a. m. mjög almennt, að hafa smágjörðan ullar-

dúk til að verjast kulda; en vjer getum og haft slíkan dúk til að vefja utan um klakastykki, til að verja það hita, svo að það bráðni eigi. Hitanum veitir mjög örðugt að komast í gegnum slíka dúka, hvort heldur að utan eða innan.

48. Tilraun. Það er næsta auðvelt, að sýna yður, að ólík efni mega eigi leiða hitann jafnt. Í 27. myndinni sjáið þjer tvær stengur, aðra úr eir, og hina úr járni; þær eru jafnlangar og jafndigrar og skeyttar saman á endunum. Undir samskeytin setjum vjer logandi lampa og heitum þær með því móti. Þá er logað hefur á lampanum um hríð, þar sem hann stendur undir stanga-mótunum, skulum vjer taka tvo mola af *Phosphor* (glórefni) og leggja sinn á hvora stöngina jafnlangt frá samskeytunum; mun þá eigi líða á löngu, unz kviknar á þeim molanum, sem liggur á eirstönginni, en á hinum endanum kviknar eigi eins fljótt. Þetta er sönnun fyrir því, að hitinn fer fljótar eptir eirnum en eptir járninu.



27. mynd.

Við þessa hitaleiðslu á varúðarlampi sá að styðjast, sem *Humphry Davy* bjó til, og hafa skyldi í námum. Lampa þessum hefur verið lýst í 41. grein í efnafræðinni.

66. Hitastraumur. Ef vjer tökum pott, fullan af vatni, og hellum þar ofan á nokkru talsverðu af sjóðandi olíu, mun hitinn úr olíunni verða mjög seinfara niður í gegnum vatnið; og þá er fáa þumlunga dregur niður í vatnið, verður því nær enginn hitaauki fundinn. Ef vjer aptur á móti hitum vatnið að neðan, eins og í 28. myndinni, í stað þess að hella í það sjóðandi olíu, sem flýtur ofan á, þá



28. mynd.

verður allt vatnið í pottinum á skömmum tíma gagnheitt, og mun að síðustu sjóða. Þetta verður á þann veg, svo sem vjer þegar áður höfum sagt, að

vatnið ljettist, eptir því sem það hitnar á botninum, og streymir þá upp, en hið kaldara vatnið og þyngra sækir niður með hliðunum og tekur upp rúm þess. Örvarnar í myndinni sýna, hversu þessi straumur liggur; hið heita vatnið streymir upp í miðjunni, en hið kalda niður með hliðunum.

Í náttúrunni eru mörg ljós dæmi þessa hitastraums, t. a. m. í stöðuvatni, er yfirborð þess kólnar í miklu frosti. Vatnið á yfirborðinu kólnar fyrst, verður við það þyngra og sökkur niður; en hið heitara vatnið og ljettara niðri undir streymir upp og sezt ofan á; innan skamms kólnar það aptur og sökkur, og svona gengur koll af kolli, unz allt vatnið er orðið svo kalt, að hiti þess nemur að eins 4° yfir frostmark. Verði vatnið enn kaldara, þrútnar það eða belgist upp, í stað þess að þjappast saman, enda þótt það sje gagnstætt hinu almenna náttúrulögmáli; og er vatnið frýs og verður að ís, er ísinn talsvert ljettari en vatn, og flýtur því ofan á.

Ef ísinn hefði verið eðlisþyngri en vatnið, mundi hann hafa sokkið niður á botn þegar, er hann myndaðist, og það vatnið, er þá hefði orðið ofan á, hefði því næst frosið, og síðan sokkið til botns, og þannig hefði allt vatnið frosið að síðustu og orðið að ís. En eins og gengur, getur frostið að eins unnið á neðri lögin gegnum íslagið, sem komið er ofan á, og það gengur æði-seint, og því er næsta lítið hætt við, að stöðuvatn botnfrjósi, sje það eigi því grynnra.

Í loptinu yfir oss eru og miklir hitastraumar,

og við þá hitnar loptið. Loptið yfir eldstónni hitnar af eldinum, og leggur leið sína upp um reykháfinn; en í stað þess kemur annað lopt kaldara utan úr eldhúsinu. Af þessum rökum kemur súgurinn í ofnunum, og hans megum vjer eigi án vera, ef í ofnunum á að lifa. Það loptið, sem næst er heitum ofninum neðanverðum, leggur upp með honum, og rennur út í herbergið uppi undir loptinu, en kalda loptið í herberginu neðanverðu streymir að ofninum og inn í hann um dyrnar. En í stað þess lopts, sem leggur út um ofnpípuna og reykháfinn, kemur annað lopt að utan, er læsir sig í gegnum hverja þá smugu, sem á herberginu er, að jeg tali eigi um dyrnar.

Þetta hið sama sjáum vjer í náttúrunni, og miklu stórkostlegra, og það eru vindarnir, og þá nefnum vjer storma, er þeir verða mjög hvassir eða ofsalegir. Í nánd við jafndægrabauginn er sólarhitinn mestur, og hitnar því loptið þar mjög, en er það er heitt orðið, streymir það upp frá jörðunni og hærra upp í gufuhvolfið, eins og heita loptið í eldhúsunum streymir upp um reykháfana, en kaldara lopt streymir að í staðinn með yfirborði jarðinnar frá heimskautunum eða hinum kaldari hlutum jarðarinnar. Með yfirborði jarðarinnar liggja því tveir loptstraumar að jafndægrabaugnum, er annar kemur úr norðri, en hinn úr suðri; en sökum snúnings jarðarinnar koma þeir úr landnorðri og landsuðri. Þegar þeir nálgast jafndægrabauginn, hitna loptstraumar þessir, og streymir þá loptið í þeim hærra upp í gufuhvolfið, og berst síðan

út um allt; en er það kólnar, leitar það niður til jarðarinnar aptur, og streymir svo að nýju til jafndægrabaugsins. Loptstraumar þessir með yfirborði jarðarinnar frá heimskautunum til jafndægrabaugsins eru nefndir staðvindar (sjá eðlislýsing jarðarinnar 68. gr.).

67. Hitageislar og ljós. Hin þriðja aðferðin, sem heitir hlutir hafa til að verma eða heita aðra hluti, er fyrir geisla, og á þann hátt nær sólarhitinn niður til jarðarinnar. Vjer þurfum eigi lengra að fara en til ofna vorra og eldstóa til að sjá dæmi þess konar hita. Ef vjer stöndum eða sitjum andspænis miklum eldi, finnum vjer, að eldurinn hefur mikil áhrif á andlit vor og augu, svo að andlitið verður brennandi heitt, og birtan sker oss í augun. Hita eða hitageisla leggur jafnvel af katli, fullum af sjóðandi vatni, en hitageislarnir frá katlinum hafa þó engin áhrif á augun nje bera neina birtu að þeim, eins og hitinn af eldinum eða sólarhitinn. Þá er þjer heitið t. a. m. krítarkúlu, vex þegar hiti hennar, og leggur þá af henni hitageisla, en þessir geislar eru myrkir, og hafa engin áhrif á augu vor. Sje kúlan gjörð enn heitari, taka hitageislar þeir, er af henni standa, að vinna á augun, og kúlan verður rauð, því næst gul, og síðan hvítglóandi, og að síðustu leggur ákaflega mikla birtu af henni, næstum eins og af sólinni. Vjer skulum því næst íhuga ljósgeisla þessa, sem leggur af heitum hlutum.

68. Hraði ljóssins. Stjörnufræðingurinn *Römer,* danskur maður, fann það fyrstur manna,

hversu bratt ljósið fer um loptið. Til að skilja, hvað við er átt með hraða ljóssins, viljum vjer minna yður á, hversu til gengur, þá er hleypt er úr fallbyssu í fjarska. Vjer sjáum fyrst blossa, og eptir nokkrar sekúndur heyrum vjer hvell. Það er því auðsætt, að hvellurinn berst eigi að eyrum vorum í sama vetfangi, og hleypt er úr fallbyssunni, þar sem vjer heyrum hvellinn nokkru síðar, en vjer sjáum blossann. En sjáum vjer blossann á sama vetfangi? Ætli bæði blossinn og hvellurinn komi eigi úr fallbyssunni á sama vetfangi? og ætli bæði blossinn og hvellurinn þurfi eigi nokkurn tíma til að berast til vor, en blossinn sje miklu hraðfarari? Úr þessari spurningu verður að eins skorið fyrir eptirtekt og tilraunir, og fyrir eptirtekt fann *Römer* það. Jarðstjarna ein mikil er nefnd *Júpíter*. Hún er stundum afar-langt á brautu frá jörð vorri, en stundum að tiltölu allnærri. Þessari hinni miklu jarðstjörnu fylgja nokkrar aðrar jarðstjörnur eða tungl, og eitt þeirra gengur á ákveðnum tímum fyrir meginstjörnuna, og sjáum vjer þá í góðum sjónaukum tungl þetta ganga fyrir hina björtu kringlu jarðstjörnunnar, sem lítill svartur depill væri. *Römer* tók eptir því, að þegar *Júpíter* var í mestum fjarska frá jörð vorri, virtist tunglið að ganga síðar fyrir hann, en það átti að gjöra eptir rjettum reikningi, og af því rjeð hann, að vjer hjer á jörðunni gætum eigi sjeð tunglið ganga fyrir meginstjörnuna í sömu svipan, og það gjörði það, heldur nokkru á eptir, og að ljósið þyrfti því nokkurn tíma til að berast frá *Júpíter*

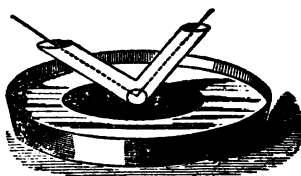
til vor, með öllu eins og hvellurinn af fallbyssuskotinu nær eyra voru nokkru eptir að hleypt er úr fallbyssunni.

Af þessu er auðsætt, að ljósið þarf eins nokkurn tíma til að berast gegnum loptgeiminn, eins og hljóðið, en ljósið er miklu hraðfarara. Ljósið fer 41000 mílur á sekúndu hverri, en hljóðið að eins 1100 fet. Fjarlægð jarðarinnar frá sólu er 20 milíónir mílna, og þessa leið fer ljósið á átta mínútum. Ef sólin því slokknaði allt í einu, eins og ljós, mundum vjer fyrst verða þess varir 8 mínútum síðar.

Þjer megið þó eigi ætla, að ljósið sje samsett af smá-ögnum, er hrjóti úr hinum heitu líkömum, og þeim þeyti í gegnum loptið með þessum fjarskalega hraða, 41,000 mílna á sekúndu hverri. Ef svo væri, mundum vjer allir merjast sundur við hvern ljósgeisla. Ljósgeislinn berst að auganu á líkan hátt og hljóðið að eyranu. Vjer höfum þegar áður skýrt fyrir yður, að þá er vjer heyrum fallbyssuhvellinn, þá sje það eigi svo að skilja, að smáhlutar loptsins berist alla leið frá fallbyssunni til eyrna vorra. Eins megum vjer eigi heldur ætla, að smá-agnir úr hinum lýsandi líkama fari í gegnum geiminn til augna vorra. Bæði við hljóðið og ljósið kemur titringur á það, sem á milli er, og þessi titringur berst frá einum hluta til annars, á sama hátt og vjer höfum þegar skýrt fyrir yður í 44. greininni.

69. Apturkast ljóssins. Þá er ljósið lendir á fagurskyggðum málmfleti, hrökkur það frá honum

aptur. Ef þjer haldið á logandi ljósi fyrir spegli, sjáið þjer mynd þess í speglinum, og það kemur



29. mynd.

af því, að ljósgeislarnir lenda á spegilfletinum, og kastast frá honum aptur að augum vorum, eins og þeir kæmu frá speglinum, en eigi frá ljósinu.

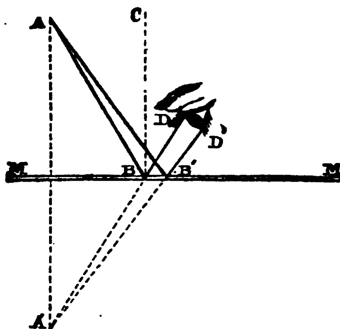
49. Tilraun. Til þess að skilja, hversu apturkast ljóssins verður, skulum vjer taka fagurskyggða málmplötu, og leggja hana lárjetta, eða það sem er enn einfaldara: vjer tökum kvikasilfur, og hellum í flata, grunna skál; að því búnu tökum vjer bogna pípu, opna í botninn, og setjum á kvikasilfrið, eins og gjört er í 29. myndinni, og höldum svo ljósi við endann á hægri álmu pípunnar, svo að birtuna leggi niður í hana, en leggjum augað við endann á vinstri álmunni; munum vjer þá sjá ljósið, er það kastast aptur frá kvikasilfrinu í skálinni.

Í tilraun þessari leggja því ljósgeislarnir leið sína niður aðra álmu pípunnar, lenda á yfirborði kvikasilfursins, og halda síðan upp hina álmuna, unz þeir ná auga voru. En tveir eru skilmálarnir fyrir því, að ljósgeislarnir geti þetta gjört. Í fyrsta lagi verða báðar álmurnar að hallast jafnt. Í öðru lagi verða báðar álmurnar að vera beint

hvor á móti annari, svo að ef þær dyttu snögglega um koll, yrðu þær í beinni stefnu hvor út frá annari. Af þessu getum vjer ráðið, að þá er ljósgeislinn lendir á fagurskyggðum málmfleti, verður sami halli á geislanum, er kastast frá honum aptur, eins og hinum, sem niður á hann leggur, og ef þjer gætuð ímyndað yður, að báðir geislarnir legðust flatir út af, lægju þeir beint hvor út frá öðrum.

Lögin fyrir apturkasti ljóssins getið þjer eigi fyllilega skilið án rúmmálsfræðinnar; en mynd sú, sem hjer fer næst á eptir, getur, ef til vill, gjört yður þau að nokkru skiljanleg. Í myndinni er gjört ráð fyrir, að A sje ljós depill, sem geisla leggi af, og M M sje spegill; A B og A B′ eru tveir ljósgeislar frá A, sem leggur á spegilinn við B B′. Geislar þessir munu berast að auga þess, sem tilraunina gjörir, eptir stefnunni B D og B′ D′, með því að hallinn á geislanum A B er jafn hallanum á B D, og hallinn á A B′ jafn hallanum á B′ D′. Ef vjer ímyndum oss apturkastsgeislana B D og B′ D′ lengda aptur fyrir spegilinn, mun þeim lenda saman í A′, eða þráðbeint niður undan A, og jafnlangt fyrir neðan spegilinn og A er fyrir ofan hann. Þá er geislarnir ná auga voru, virðast þeir því að koma frá A′, eða að A′ sje ljósdepill sá, er geislana leggi af. Þetta A′ er nefnt endurskinsmyndin af A, og af skýringu þeirri, sem á undan fer, er það ljóst, að endurskinsmyndin A′ er jafnlangt frá speglinum að baki hans og A sjálft er langt frá honum að framan.

Þá er þjer því standið fyrir spegli, sjáið þjer mynd yðra í honum, en hún sýnist vera jafnlangt fyrir aptan spegilinn, og þjer eruð frá honum að



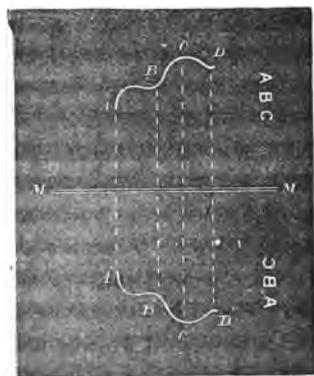
30. mynd,

framanverðu. Gangið þjer nær honum, virðist myndin og að nálgast jafnmikið hinu megin, og ef þjer gangið lengra frá speglinum, fjarlægist og myndin. En þann muninn sjáið þjer þó, að hægri hönd yðar er vinstri höndin á myndinni, og hægri hlið yðar vinstri hlið myndarinnar, en að öðru er myndin lifandi eptirmynd yðar.

Í 31. myndinni sjáið þjer undir speglinum myndir þeirra hluta, sem fyrir ofan hann eru, og þjer sjáið, að stafirnir standa þar í röð frá hægri hendi til vinstri, en eigi frá vinstri hendi til hægri handar, eins og þeir eru ritnir í raun rjettri.

Sje spegilflöturinn eða hver annar hlutur, sem má spegla sig í, eigi alveg flatur, geta stundum skringilegar myndir fram komið. Þjer skuluð

t. a. m. taka hitamæli, og spegla yður í kvikasilfrinu í hnúðnum neðan á honum; þjer sjáið þá mynd. yðar mjög litla og afskræmislega, og alls herbergisins; að eins munu þeir hlutar þess verða afar-smáir, sem firrstir eru.

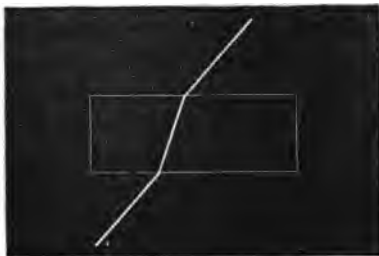


31. mynd.

Ef þjer takið tvo íhvolfa spegla, líka skálunum í 22. mynd, og látið glóandi járnkúlu í brunadepil annars þeirra, í stað stundaklukkunnar, og leggið hönd yðra á brunadepil hins, þar sem þjer áður hjelduð eyra yðar, mun hönd yðar brátt verða helzt til heit. Og ef hinir íhvolfu speglar eru mjög stórir, og þjer látið eld brennandi í annan brunadepilinn, getið þjer hæglega steikt kjöt í hinum, þótt 50 feta bil sje á milli speglanna. Ástæðan til þessa er sú, að hitageislunum frá eldinum í brunadeplinum lendir á speglinum þar rjett hjá, því næst kastar þeim frá speglinum aptur yfir á

hinn spegilinn, og því næst frá honum aptur, svo að þeim lendir öllum saman á kjötinu; það er með öðrum orðum: eldurinn er í öðrum brunadeplinum, og ímynd hans í hinum, og hiti þessarar ímyndar er nægur til að steikja kjötið.

70. Geislabrot. *50. Tilraun.* Þjer skuluð taka einhvern lítinn hlut, en þungan að tiltölu eptir stærðinni, t. a. m. silfurpening, og leggja á botninn á vatnskönnu; leggið síðan augað við barminn þannig, að krukkubarmurinn skyggi á silfurpeninginn, þar sem hann liggur á könnubotninum. Að því búnu skuluð þjer láta einhvern annan fylla könnuna með vatni, og þá munuð þjer sjá peninginn á könnubotninum. Hversu má það verða? Það er sökum þess, að þá er ljósgeislarnir frá silfurpeningnum á könnubotninum koma upp úr vatninu, taka þeir aðra stefnu, en þeir áður höfðu, svo að þjer getið sjeð peninginn fyrir barminn, og ef það væri fiskur, mundi hann og sjá yður.

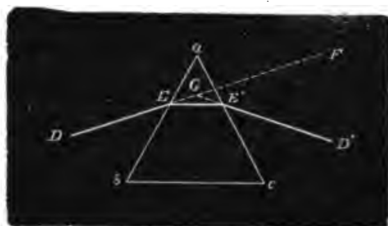


32. mynd.

Þá er ljósgeislinn fellur skáhallur á vatnið, beygist hann við yfirborð þess á þann hátt, að

hann verður eigi eins skáhallur, er hann kemur niður í vatnið; og á hinn bóginn, ef ljósgeisla leggur upp úr vatninu, verður hann enn skáhallari, er hann kemur út í loptið eða upp úr vatninu. Eins fer og, þá er ljósgeisla leggur á gagnsætt gler í stað vatnsins, að geislinn verður eigi eins skáhallur, er hann kemur inn í glerið og hann var áður. Ef þjer takið gler, jafnþykkt allt, mun stefna ljósgeislans, er hann fer gegnum það, verða sú, sem sýnd er á 32. myndinni; þar er stefna hans hin sama, er hann kemur út úr glerinu, og áður en hann kom inn í glerið, en í gegnum glerið er stefnan allt önnur, og verður því stefna ljósgeislans, er hann kemur út úr glerinu, eigi beint framhald þeirrar, er hann hafði, áður en hann lenti á glerinu.

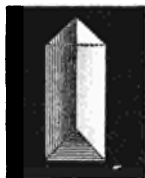
Þjer getið samt ímyndað yður, að glerið sje eigi flatt eða alstaðar jafnþykkt, heldur fleygmyndað. Í 33. myndinni liggur það á botnflötinn, svo



33. mynd.

að kamburinn stendur beint upp, en þegar á það er litið, er það stendur upp á endann, lítur það út eins og í 34. myndinni. Það er þrístrendur fleyg-

ur *(Prisma)*. Vjer skulum nú gæta að, hversu ljósgeislinn beygist, er hann fer í gegnum þess konar þrístrendan glerfleyg. Það er sýnt í 33. myndinni. Þá er ljósgeislinn D E kemur inn í fleyginn, beygir hann niður á við, niður að þykkri hlutanum eptir E E′, og er hann kemur út úr glerinu, beygir hann enn út af beinni leið, og heldur í stefnuna E′ D′. Það er því auðsætt, að ljósgeislinn breytir alveg stefnu sinni, er hann leggur leið sína í gegnum þrístrendan glerfleyg, og beygir þá niður í þykkri hluta fleygsins.



34. mynd.

71. Kúpt gler; myndir þær, sem þau leiða fram. Nú skulum vjer enn breyta lögun glersins, svo sem nú skal greina. Vjer skulum hugsa oss kringlótt og ávalt gler, þykkast í miðjunni, en þunnt í rendurnar, svo að það lítur út sem kringla, ef horft er ofan á flöt þess, en ef litið er á rönd þess, lítur það út eins og 35. myndin.

Slík gler eru nefnd á dönsku *Lindser*. Vjer skulum láta marga geisla úr fjarlægð falla á hinn ávala yfirflöt glers þessa. Hvað verður þá? Gler þetta mun hafa sömu áhrif á ljósgeislana eins og baugmyndaður fleygur, og með því að það er þykkast í miðjunni, munu geislarnir, hvar sem þeir lenda á glerinu, beina stefnu sinni að miðju þess, og mun þeim öllum saman lenda á einum stað hinu megin við glerið, eins og sjá má á mynd þeirri, sem hjer fer næst á eptir.

A

35. mynd.

Vjer skulum nú gjöra, að vjer í glaða-sólskini höldum glerinu svo fyrir, að sólargeislarnir falli

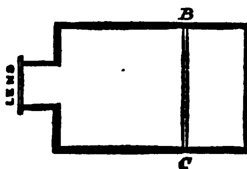


36. mynd.

beint á annan flöt þess. Þá er sólargeislarnir fara í gegnum glerið, beygja þeir út af beinni leið sinni svo mjög, að þeim lendir öllum saman hinu megin glersins í brunadepli þess; og ef vjer höldum þar brjefi, munum vjer sjá litla og bjarta eptirmynd sólarinnar á brjefinu, og fylgir henni svo fjarskamikill hiti, að kviknar í brjefinu. Sökum þessa heitir þessa kyns gler *brennigler* eða *eldgler*.

51. Tilraun. Svona löguð gler framleiða eptirmynd eigi að eins sólarinnar, heldur og ýmissa annara hluta. Vjer skulum til að mynda taka logandi kerti, og halda fyrir kúptu gleri, og brjefi, dregnu viðsmjöri, hinu megin glersins í brunadeplinum, og munum vjer þá sjá eptirmynd ljóssins á brjefinu; að eins stendur ljósið þar á höfði, og svo mun ávallt verða, að hverjum sem helzt björtum hlut vjer höldum fyrir glerinu, og þó nokkuð frá því, má sjá mynd hans hinu megin glersins. Ef þjer haldið andliti yðru fyrir glerið, megið þjer sjá eptirmynd þess hinu megin, en hún

er lítil og öfug. Þetta er beint það, sem ljósmyndasmiðurinn notar. Hann hefur lokaðan stokk; fram úr öðrum enda hans stendur pípa, og í hana er fellt ávalt eða kúpt gler (A), eins og sýnt er á eptirfarandi mynd. Þessu gleri beinir hann gegn



37. mynd.

einhverju því, sem hann ætlar að taka eptirmynd af, hvort sem það er hjerað, hús eða mannsandlit. Inni í hinum myrka stokk kemur fram mynd af húsinu eða mannsandlitinu, og þessa eptirmynd lætur þann fyrst lenda á sljettri en óskyggðri glerflögu (B C), þannig að hann geti sjeð hana, og gætt þess, að allt sje í rjettu lagi. Að svo gjörvu tekur hann glerflöguna á braut, en setur í staðinn aðra glerflögu, og hefur hann á hana dregið sjerstakleg efni, sem ljósið vinnur á. Myndin inni í stokknum er látin lenda beint á glerflögu þessari, og hinir ljósu hlutar myndarinnar vinna þá á efnablendinginn á glerflögunni og breyta eðli hans, en hinir myrku hlutarnir hafa engin áhrif á hann. Á þennan hátt kemur myndin fram á efnum þeim, sem á glerflöguna voru dregin, en þó þannig, að hinir ljósu hlutar myndarinnar verða myrkir, en hinir myrku hlutar ljósir. Þessi mynd er því

nefnd öfugmyndi (*negativ* mynd). Eptir þessari mynd er þá gjörð ný mynd, og hún er með öllu eins og frummyndin (*positiv* mynd).

72. Stækkunargler. Ávöl gler má og hafa til að stækka fyrir auganu smáa hluti, og eru því nefnd stækkunargler. Þessum stækkunarglerum verðið þjer að halda mjög nærri hlutum þeim, er þjer viljið gjöra stærri fyrir augum yðrum. Með þess konar glerum getið þjer því eigi stækkað t. a. m. tunglið eða einhverja reikistjörnu, heldur að eins þá hluti, sem í nánd eru. Ef þjer aptur á móti viljið láta tunglið stækka eða einhverja reikistjörnu, þá verðið þjer að hafa tvö glerin, annað stórt, og með því getið þjer fengið að sjá eptirmynd tunglsins eða reikistjörnunnar, eins og þjer með eldglerinu höfðuð fyrir yður tilbúna eptirmynd sólarinnar; hitt glerið er minna og verður að vera stækkunargler; það stækkar aptur eptirmyndina, sem stærra glerið skapaði, og fyrir það glerið, getið þjer því rannsakað þessa eptirmynd.

Ef þjer því æskið að fá einhvern þann hlut stækkaðan, sem í nánd er, þá getið þjer það með einu stækkunargleri; en ef þjer æskið að fá einhvern fjarlægan hlut stækkaðan, verðið þjer fyrst að búa til eptirmynd hans með ávölu gleri, og láta hana vera nærri yður, og því næst fara með hana, eins og það væri hluturinn sjálfur, þ. e. stækka hana með stækkunarglerinu og rannsaka síðan. Tvö gler, sem annað skapar eptirmyndina, og hitt stækkar, er þau eru sett saman, er það, sem nefnt er sjónpípa eða langsæispípa (*Telescop*).

þessi tvö gler eru sett sitt í hvorn enda á pípunni til þess að byrgja úti alla annarlega ljósbirtu; stærra glerið í þann endann, sem að hlutnum er beint, og stækkunarglerið í þann endann, sem fyrir auganu er haldið.

73. *Hinir ýmislegu litgeislar beygjast ýmislega.* Jeg hef þegar áður skýrt það fyrir yður, hversu ljósgeislarnir beygi út af beinni leið, er þeir fara í gegnum þrístrent gler. Nú ætla jeg að segja yður, að geislabrotið verður eigi hið sama á öllum ljósgeislum, heldur breytilegt, eptir því hversu ljósgeislarnir eru litir. Í 38. myndinni sjáið þjer, hversu rauður ljósgeisli beygist, er hann fer í gegnum þrístrent gler. Ef ljósgeislinn hefði verið rauðgulur, í stað þess að hann var rauður, þá hefði hann beygt enn meira út af beinni leið sinni, og enn meir, ef hann hefði verið gulur; og þó enn meir, hefði hann verið grænn; ef hann væri blár, þá beygði hann þó enn meira út af beinni leið, en hinn græni, og væri hann lifrauður, þá enn meir en hinn blái. Ef geislinn væri blandaður öllum þessum sex litum (rauðum, rauðgulum, gulum, grænum, bláum og lifrauðum), mundu þessir litir allir beygjast misjafnt á leiðinni í gegnum glerið og greinast, er út úr því kæmu, og vjer mundum því sjá þá alla hvern út af fyrir sig, þótt þeir væru allir í einu lagi, er þeir bárust að glerinu.

Hið þrístrenda glerið greinir því sundur geislann í frumefni sín, og hina ýmsu liti hvern frá öðrum.

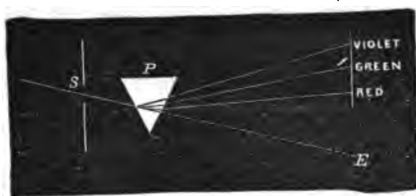
Verið getur, að yður þyki það furða, er jeg

segi yður, að hið hvíta ljósið eða sólarljósið sje í raun rjettri sambland allra hinna ýmsu lita, er jeg þegar nefndi, eða sambland af rauðum, rauðgulum, gulum, grænum, bláum og lifrauðum lit; en ef þjer gætið betur að, munuð þjer þó sannfærast um, að svo sje.

Vjer könnumst allir við hinn unaðslega blæ, sem leggur á daggardropana, er ljósgeislarnir falla á þá. Eins er um ýmsa steina og einkum gimsteina. Á þeim má sjá glóa alla liti regnbogans, og er það næsta eðlilegt, þótt þessi líking regnbogans veki þá spurningu hjá oss, hvort litir regnbogans sjeu eigi af sömu rót runnir sem litir daggardropanna og gimsteinanna. Bendir eigi nafn hans til þess, að í loptinu sje afar-mikill fjöldi smárra vatnsdropa, sem þeir er glóa á grasinu, svo sem væru þeir gimsteinar? Er eigi uppruninn hinn sami allra þessara litbreytinga? Og ef svo er, hver er þá orsökin? Hinn enski eðlisfræðingur og stjörnuspekingur *Isaak Newton* var sá, er fyrstur manna fann það, að hið bjarta eða hvíta ljós er í raun rjettri sett saman af fjölda ýmislega litra geisla, er allir hafa runnið saman í eitt, og að geislar þessir greinast, er þá leggur í gegnum tiltekna hluti. Glerið þrístrenda hjálpar oss, svo sem áður er sagt, til að greina hið samsetta ljósið í hina ýmislegu geisla sína.

Vjer skulum t. a. m. hugsa oss, að vjer hefðum hlera fyrir gluggum á herbergjum vorum, svo að myrkt væri þar inni; en það væri rifa á einhverjum hleranum, þráðbein upp og niður, og í

gegnum rifu þessa skini sólin beint inn í herbergið. Í 38. myndinni á S að tákna rifuna í hleranum og



38. mynd.

sjáum vjer þar ofan í hana. Ef vjer þá horfum í rifuna frá E, og höfum eigi þrístrenda glerið fyrir, munum vjer sjá bjarta ljósrákina og ekkert annað. Það er með öðrum orðum: í gegnum rifuna sjáum vjer sólskinið skært fyrir utan. En ef vjer því næst berum þrístrenda glerið fyrir sólargeislann, sem leggur í gegnum rifuna, eins og gjört er á 38. myndinni, þá munum vjer eigi sjá rifuna eða sólargeislann, þar sem vjer erum við E. Vjer verðum að flytja augað nær þykkri enda þrístrenda glersins, og þá munum vjer sjá sólarljósið, sem kemur í gegnum rifuna, en það er þá orðið mjög ólíkt því, sem það áður var. Það er þá eigi mjó og ljós rák, heldur svo sem breitt ljósband eða marglitað belti; er það rautt í þá röndina, sem næst er E, því næst er rauðgul rák, þá gul, þá græn, þá blá, og er loks kemur að hinni röndinni, er hún lifrauð að lit.

Ef vjer borum kringlótt gat í hlerann, og hengjum andspænis því í herberginu, t. a. m. hvítt brjef,

munum vjer sjá á brjefinu bjartan depil, eða litla eptirmynd sólarinnar; en ef vjer höldum þrístrendu gleri fyrir, þá verður enginn hvítur blettur sjeður við E; en þeim megin við E, sem að þykkri enda glersins veit, sjáum vjer aflangan blett með ýmsum litum, rauðan í þann endann, sem veit að E, en lifrauðan í hinn endann.

Allt þetta veitir oss hægt að gjöra oss ljóst af því, sem þegar er sagt, ef vjer höfum það hugfast, að hið bjarta sólarljós er í raun og veru samsett af öllum hinum ýmislegu litum, er runnið hafa saman í eitt. Þessir geislar beygjast því eigi að eins, er þeir fara í gegnum þrístrenda glerið, heldur beygjast þeir misjafnt. Hver litarbreyting hefur sína sjerstaka rák eptir legu sinni. Vjer höfum þannig afarmargar ljósar smáar eptirmyndir rifunnar, er hver er við hliðina á annari, og úr þeim verður þá ljósbelti fremur en rák, sem er rautt í aðra röndina, af því að rauðu geislarnir beygja minnst út af beinni leið, og lifrautt í hina röndina sökum þess, að lifrauðu geislarnir beygja mest út af leið. Þetta hið marglita ljósbelti er nefnt með útlendu nafni *Spectrum;* og er það er sólarljósið, sem kemur í gegnum rifuna, þá er það nefnt sólar-*spectrum*.

74. Stutt endurtekning. Jeg hef nú sagt yður allmikið um ljósgeisla og hita. Þjer hafið í fyrsta-lagi verið fræddir um það, að þá er þjer byrjið að heita líkamina, leggur fyrst af þeim myrka geisla eða hitageisla, en eptir því, sem þeir hitna meira, verða geislarnir bjartari, og hafa þá

áhrif á augun. Þjer hafið og heyrt um apturkast geislanna frá fagurskyggðum hlutum. Þjer hafið því næst fengið að vita, hversu geislarnir beygja af beinni leið, eða hversu stefna þeirra breytist, er þá leggur í gegnum vatn eða gler, og í prístrendu gleri beygjast þeir í þá áttina, er þykkri hluti glersins veit. Enn fremur hef jeg sagt yður, að í ávölu eða kúptu gleri beygjast allir geislar að miðju glersins, með því að það er þar þykkast, og ef þjer haldið kúptu gleri beint fyrir sólargeislanum, má sjá litla og bjarta eptirmynd sólarinnar hinu megin við glerið, og að eptirmynd þessi mun kveykja í brjefi, eða brenna hönd yðar, ef þjer haldið henni fyrir.

Þá hafið þjer og orðið þess vísir, að með kúptu gleri getið þjer líka leitt fram eptirmynd tunglsins eða einhverrar jarðstjörnu, og ef þjer berið þar að stækkunargler, og skoðið eptirmyndina með því, sjáið þjer stórt tungl eða stóra reikistjörnu, og þá er slík tvö gler eru sett saman, heitir verkfæri það langsæispípa eða sjónpípa. Loksins hafið þjer heyrt, að hinir ýmislegu ljósgeislar beygjast misjafnt í prístrendu gleri, og að þegar ýmislega litir geislar renna saman í eitt, greinast þeir aptur eptir litum í gleri því, sem prístrent er.

Áður en vjer ljúkum við þennan þáttinn, skulum vjer íhuga eðli hitans nokkru vendilegar.

75. Eðli hitans. Vjer höfum þegar áður líkt hitanum saman við hljóðið, og sagt, að kraptur búi í þeim hlut, sem heittur sje. Vjer skulum nú íhuga samanburð þennan nokkru vandlegar.

Að því, er til hljóðsins kemur, er tvennt að íhuga, fyrst hlut þann, sem á titringi er, og í öðru lagi höggin, sem berast í gegnum loptið frá hinum titrandi líkama til eyrna vorra, og sem vekja heyrnina hjá oss.

Enn fremur hefur yður sagt verið, að í mjög heitum líkömum komi titringur á smá-hluta þeirra, og að eins og hljóð leiði af titringnum, og hljóð það berist til eyrna vorra, á sama hátt leggi birtu af heitum líkömum, og birta sú hafi áhrif á augu vor. En hversu kemur titringurinn t. a. m. á klukku eða bumbu? Með því að slá högg á þær. Þjer sláið kólfinum í klukkuna, og tekur þá klukkan að titra. En kólfurinn berst með hraða miklum, áður en hann nær klukkunni, og því hefur hann krapt mikinn í sjer fólginn, og hann er fær um að vinna nokkurt verk. Hvað verður af þessum krapti, þá er hann hefur barið klukkuna? Hann hefur horfið úr kólfinum í klukkuna, því að þá er titringurinn kominn í klukkuna, og jeg hef áður sagt yður, að í titrandi hlut búi kraptur. Kraptur sá, sem hvarf í klukkuna við höggið, hefur því eigi forgörðum farið, heldur þotið úr kólfinum yfir í klukkuna. Vjer skulum gjöra svo, að smiður nokkur taki blýkubb og leggi á steðja, og reki því næst mikið högg á hann með þungum hamri. Þjer heyrið þá myrkt hljóð, en það kemur enginn titringur á blýið, eins og á klukkuna. Hvað verður af krapti þeim, sem var í högginu? Hann hefur eigi breytzt í titring, eins og í klukkunni, sem berist oss til eyrna. Að hverju er hann

þá orðinn? eða hefur hann eigi breytzt í neitt? Hann er orðinn að hita, svörum vjer. Höggið hefur hleypt hita í blýið, og titringi í alla smáhluta þess, þótt eigi sje á sama hátt og í klukkunni. Og ef smiðurinn berði blýkubbinn nógu lengi með hamrinum, þori jeg að fullyrða, að hann mundi með því geta brætt hann á endanum.

Það leikur sjálfsagt enginn efi á því, að margir yðar hafa varið talsverðum krapti til þess, að núa látúnshnapp á treyjuermi sinni eða á spýtu, til þess að fægja hann. Hvað hefur orðið af öllum þeim krapti, sem þjer hafið þannig varið til núningsins? Hann hefur orðið að hita; því að þá er þjer hafið núið hnappinn um hríð við ermi yðar, er hann heitur orðinn, og það munuð þjer finna, ef þjer leggið hann snöggt á handarbak yðar.

52. Tilraun. Til þess að sýna það ljóst, hversu kraptur höggsins breytist í krapt þann, sem vjer nefnum hita, skulum vjer taka brennisteinsspýtu, sem glórefni (*phosphor*) sje á endanum, leggja hana á arinhellu eða hlóðastein, og reka högg með hamri eða steini á þann endann, sem glórefninu er búinn. Við hita þann, sem af högginu leiðir, mun kvikna í glórefninu, og eins fer, ef þjer strjúkið brennisteinsspýtunni hart eptir einhverju hörðu og ósljettu.

Þjer sjáið því, að núningurinn vekur hita, og þjer hafið að líkindum tekið eptir því, að í myrkri má sjá gneista fljúga úr hestaskeifum, ef hesti er riðið hratt á grýttum vegi, þá er skeifurnar skella á grjótinu. Við öll slík atvik breytist hinn sýnilegi

kraptur (hreifingar-aflið) í þá krapttegund, sem vjer nefnum hita. Munurinn er sá, að í hinum sýnilega krapti bærist hluturinn allur í einu lagi, og allir smáhlutar hans berast í sömu átt og í sömu svipan, þar sem við hitann aptur á móti smáhlutarnir titra fram og aptur mjög títt, en líkaminn í heild sinni liggur grafkyrr. Þjer vitið nú, að hinn sýnilegi kraptur getur breytzt í hita, en jeg á eptir að segja yður, að hitinn getur að nokkru breytzt aptur í sýnilegan krapt. Hvað er það í gufuvjelinni, sem vinnur allt verkið? Er það eigi eldurinn, sem heitir vatnið í katlinum? Nokkur hluti hita-aflsins í hinum brennandi kolum breytist í sýnilegt afl (hreifingarafl), er knýr bulluna upp og niður, og snýr hjólinu í kring.

Með öðrum orðum: Allt það verk, sem gufuvjelin vinnur, leiðir af hitanum. Vjer getum því eigi að eins breytt hreifingar-aflinu í hita, heldur megnum vjer og í gufuvjelinni að breyta hitanum í hreifingar-afl.

Rafurmagnaðir hlutir.

76. Rafurmagnsnæmir hlutir og ónæmir á rafurmagn. Fyrir meira en tveim þúsundum ára var það kunnugt orðið, að þá er rafur var núinn með silki, dró hann að sjer ýmsa smáa og ljetta hluti, og fyrir nær þremur öldum var það fundið, að margir aðrir hlutir, t. a. m. brennisteinn, lakk og gler höfðu hið sama eðli sem rafurinn.

Þetta var upphafið, þótt lítið væri, til þekkingar vorrar á rafurmagninu; en þessi þekking

hefur aukizt svo furðulega á hinum síðustu árum, að vjer þurfum ekki fulla sekúndu til að koma boðum úr norðurálfu til Vesturheims.

53. Tilraun. Vjer skulum taka glerstöng, og núa hana með silkidulu, unz bæði glerið og silkið er orðið heitt, og dregur þá glerstöngin að sjer litlar brjefsnuddur, en að eins sá hluti hennar, sem núinn hefur verið. Glerið hefur því við núninginn fengið nýjan eiginlegleik, en sem þó getur eigi náð til allrar stangarinnar. Síðan skulum vjer taka málmstöng í stað glerstangarinnar, og núa hana vel, svo að hún hitni; mun þá sú reyndin á verða, að hún hefur fengið hið sama eðli sem glerstöngin, það, að geta dregið að sjer smáa hluti ljetta, svo sem brjefsnuddur; en sá er munurinn, að þessi eiginlegleiki tekur yfir alla málmstöngina, og eigi að eins þann hluta hennar, sem núinn var. Rafurmagnið getur dreifzt út til allrar málmstangarinnar, en það gat það eigi á glerstönginni. Málmar eru því nefndir **rafurmagnsnæmir** (**rafurmagnsleiðendur**), en glerið **ónæmt á rafurmagn**. Bæði hita og rafurmagni veitir torvelt að renna eptir glerinu, en aptur á móti auðvelt eptir málmi. Á líkan hátt eru viðarkol, sýrur, salttegundir, sem bráðna, vatn og líkamir dýra all-rafurmagnsnæmir, þótt eigi eins næmir og málmar; á hinn bóginn er strokleður, þurrt lopt, silki, gler, vax, brennisteinn og rafur allt illa-næmt á rafurmagn.

Ef tilraunir vorar með rafurmagn eiga að heppnast, ber brýnustu nauðsyn til, að vjer sjáum

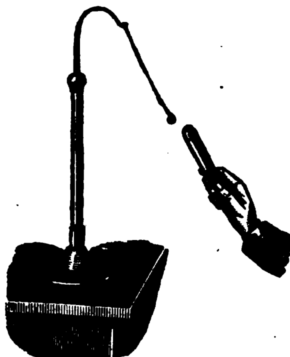
svo um, að vjer höldum rafurmagninu, er vjer höfum náð því, og látum það eigi sleppa burtu. Vjer verðum því að lykja um það með þeim efnum, sem eru alls eigi rafurmagnsnæm, og ríður því mjög á, að vjer höfum fram tilraunir vorar í þurru lopti, og leggjum þann hinn rafurmagnaða hlut á gler.

77. Tvær tegundir rafurmagns. 54. Tilraun. Jeg ætla að sannfæra yður um, að tvær eru tegundir rafurmagns, hvor annari ólík. Til þess tökum vjer verkfæri það, sem táknað er með 39. myndinni; það er nefnt rafurmagnsdingull (*elektrisk pendul*); er það lítil kúla úr yllimergi, og hangir hún á silkiþræði, og hann er aptur festur við glerstöng. Því næst tökum vjer glerstöng og núum hana með silki, og berum hana síðan að yllimergskúlunni; mun þá rafurmagnið leggja úr glerstönginni og í yllimergskúluna, en kemst eigi úr henni sökum þess, að silkiþráðurinn, glerið, sem ber hann, og loptið umhverfis, sje það þurrt, soga eigi rafurmagnið í sig. En þjer munuð verða þess áskynja, að glerstöngin mun eptir á eigi draga yllimergskúluna að sjer, heldur hrinda henni frá sjer. Þessu næst skulum vjer taka lakkstöng, og núa hana með heitum og þurrum ullarlepp, og bera hana síðan að yllimergskúlunni; verður þá sú reyndin, að heit lakkstöngin dregur að sjer kúluna, enda þótt glerið hryndi henni frá sjer.

Af þessu er einsætt, að ef vjer tökum glerstöng og núum hana, unz heit verður, og berum hana síðan að yllimergskúlu, svo að rafurmagn stangarinnar

komist í kúluna, hrindir stöngin eptir á yllimergskúlunni frá sjer, en núin lakkstöng dregur hana að sjer.

Ef vjer hefðum fyrst tekið lakkstöngina, núið hana og borið hana svo að kúlunni, mundi eins hafa farið og með glerstöngina, að hún hefði eptir á hrundið kúlunni frá sjer, en glerstöngin núin hefði þá dregið hana að sjer.



39. mynd.

Af þessu sjáum vjer, að tvær eru tegundir rafurmagns; önnur í glerstöng, núinni með silki, en hin í lakkstöng, núinni með ullarlepp.

Þá er vjer snertum kúluna með glerstönginni, streymdi nokkur hluti af rafurmagni glersins í kúluna, og með því að glerstöngin hratt eptir á kúlunni frá sjer, getum vjer af því ráðið, að hlutir þeir hrindi hvor öðrum frá sjer, er búnir eru samkynja rafurmagni.

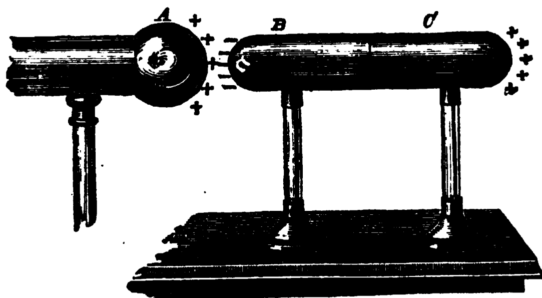
Á hinn bóginn sáum vjer, að lakkstöngin núin dró kúluna að sjer, er hún hafði snortin verið með glerstönginni, og glerstöngin dró hana að sjer, er hún var áður snortin með lakkstönginni. Af þessu getum vjer ráðið, að tveir hlutir draga hvor annan að sjer, er þeir eru búnir ósamkynja rafurmagni.

78. Þessar tvær rafurmagnstegundir eru sameinaðar í hverjum rafurmagnslausum hlut. Vjer verðum að ætla, að hver hlutur hafi í sjer fólgnar báðar þessar rafurmagnstegundir samblandnar, og að vjer með núningnum greinum þær að eins hvora frá annari. Þá er vjer því núum lakkstöngina með ullarlepp, greinum vjer þessar tvær tegundir í sundur, og kemur þá önnur tegundin fram í lakkstönginni, en hin verður eptir í ullarleppnum. Hið sama verður þá, er vjer núum glerstöngina með silkidulunni, að önnur tegundin verður eptir í glerinu, en hin hangir við silkið. Hið sama verður og ávallt, þá er rafurmagnið er vakið með núningi; og er eigi auðið, að kveykja aðra tegund rafurmagnsins, nema að kveykja jafnframt jafnmikið af hinni tegundinni. Vjer sköpum eigi rafurmagnið; en eptir því sem vjer þegar höfum sjeð, greinum vjer að eins hinar tvær tegundir rafurmagnsins í sundur.

Rafurmagn það, sem kviknar í gleri, þá er það er núið með silki, er nefnt «*positivt*», en það, sem kviknar í lakkstönginni, er hún er núin með ullarleppnum, er nefnt «*negativt*». Það eru að

eins orðatiltæki, sem höfð eru til að tákna þessar tvær tegundir rafurmagnsins.

79. Áhrif rafurmagnaðra hluta á rafurmagnslausa hluti. Vjer höfum þegar sjeð, að hinar tvær ólíku tegundir rafurmagnsins draga hvor aðra að sjer, en samkynja rafurmagn í tveimur hlutum hrindir þeim hvorum frá öðrum. Nú skulum vjer íhuga, hversu fer, þegar rafurmagnaður hlutur er borinn að rafurmagnslausum hlut. Vjer skulum láta A (40. mynd) vera stóra hola kúlu af messing, og úr sama efni pípuna, sem út úr henni gengur til vinstri handar. Undir pípu þessa setjum vjer glerstólpa, sem haldi henni og kúlunni á lopti, svo að rafurmagnið sleppi eigi á braut.



40. mynd.

Því næst skulum vjer gjöra ráð fyrir, að B og C sjeu tveir holir sívalningar, er einnig sjeu gjörðir úr messing, og verði að eins teknir í sundur í

miðjunni, þar sem strykið er á myndinni. Sívalningar þessir liggja og á glerstólpum, svo að rafurmagn það geti heldur eigi burtu komizt, sem í þeim kann að kvikna.

Vjer skulum gjöra ráð fyrir, að hleypt hefði verið *positivu* rafurmagni í A, en í B og C væri enn ekkert rafurmagn kviknað. Síðan skulum vjer þoka A að B. Hinar tvær rafurmagnstegundir eru samblandaðar í B og C, meðan ekkert rafurmagn er í þeim kviknað; en er vjer ýtum A að B, greinast þær að, með því að hið *positiva* rafurmagnið í A sogar til sín hið *negativa* í B og C, svo að það lendir í B, en hrindir frá sjer hinu, svo að það streymir allt í hinn endann á C, eins og þjer megið sjá á myndinni. Þar táknar merkið + hið *positiva* rafurmagn, en — hið *negativa*. Ef þjer því næst dragið sundur sívalningana B og C, og þokið A frá B, þá er tómt *negativt* rafurmagn í B, en *positivt* í C, en rafurmagnið í A hið sama sem áður.

Þannig höfum vjer þá með rafurmagninu í A greint í sundur þær tvær tegundir í B og C, þó svo, að rafurmagnið í A er óbreytt, og má nota það til hins sama eptir sem áður. Vjer kveðum þá svo að orði, að sívalningarnir B og C sjeu orðnir rafurmagnaðir fyrir greiningu rafurmagnsins.

80. Rafurmagnsgneistinn. Vjer skulum nú haga tilraun vorri lítið eitt á annan veg. Vjer skulum þoka A hægt og hægt að B, ávallt nær og nær. Hið *positiva* rafurmagn í A og hið

negativa í B draga hvort annað að sjer, æ því meir, sem sívalningarnir A og B nálgast meir hvor annan, og greinir þá ekkert nema loptið á milli hinar tvær ólíku rafurmagnstegundir í A og B, unz bilið á milli er orðið svo lítið, að loptið getur eigi lengur tálmað samrennsli þeirra, og samrennsli þessu fylgir snark og ljósskíma, og það er rafurmagnsgneistinn, sem svo er nefndur. Afleiðingin verður sú, að A missir nokkuð af hinu *positiva* rafurmagni sínu, og B allt hið *negativa*; en hið *positiva* í C helzt óbreytt. Ef vjer því næst ýtum A frá aptur, mun hið *positiva* rafurmagn í C renna aptur um allan sívalninginn C og B og verður það því hið sama, sem nokkur hluti hins *positiva* rafurmagns í A hefði streymt yfir í B og C.

81. Ýmsar tilraunir. Það sem vjer þegar höfum sagt um sundurgreining hinna tveggja rafurmagnstegunda, er auðvelt að skýra með fáeinum ljósum tilraunum; en vjer verðum að hafa það hugfast, að í öllum þessum tilraunum verður glerið, sem vjer notum, að vera alveg þurrt og heitt.



41. mynd.

55. Tilraun. Þar sem 41. myndin er, þar sjáið þjer verkfæri, sem við hafa má til að götva upp rafurmagn. Verkfæri þetta er nefnt hinn

gulllaufgaði rafurmagns-sýnir. Verkfæri þetta er glerkrukka, og niður um lokið á henni gengur málmteinn; efst á honum er lítill hnúður, en niðri í krukkunni eru við hann fest tvö lauf úr gulli. Fyrst hleypi jeg litlu einu af *positivu* rafurmagni í hnúðinn efst á teininum; rafurmagn þetta streymir niður eptir teininum og til gulllaufanna; en þar eð sama rafurmagnstegundin rennur til beggja laufanna, flytjast þau hvort frá öðru, eins og sjá má á myndinni. Verkfæri þetta er þá hlaðið rafurmagni, og vinnur þannig ætlunarverk sitt.

56. Tilraun. Að svo gjörvu skulum vjer taka glertein, núa hann með silki og bera síðan að hnúðnum, og munu þá gulllaufin flytjast enn lengra hvort frá öðru. Ástæðan er sú, að hið *positiva* rafurmagn glerteinsins greinir í sundur rafurmagn það, sem enn er blandið í hnúðnum, og dregur að sjer hið *negativa,* en hrindir hinu *positiva* niður í gulllaufin, svo að hið *positiva* rafurmagn þeirra verður enn meira enn áður.

57. Tilraun. Ef vjer aptur á móti tökum lakkstöng, núum hana með ullarlepp, og berum síðan að hnúðnum, munu gulllaufin dragast aptur nær hvort öðru. Ástæða þess er sú, að hið *negativa* rafurmagn lakkstangarinnar greinir nokkuð af rafurmagninu, sem enn er samblandið í hnúðnum, og sogar að sjer hið *positiva* rafurmagnið, en hrindir hinu *negativa* niður í gulllaufin, og þar rennur það saman við hið *positiva* rafurmagn, sem fyrir var, og dregur aflið úr því.

58. Tilraun. Vjer tökum hola messingkúlu og setjum hana á gler; en glerið varnar rafurmagninu brautkomu. Vjer skulum því næst flytja kúluna rjett upp að leiðandanum á hlaðinni rafurmagnsvjel, og kemur þá fram gneisti, en mjög daufur. Ef vjer þá bregðum fingrinum þeim megin á kúluna, sem frá veit rafurmagnsvjelinni, verður gneistinn miklu skærari.

Þetta verður ljóst af því, sem vjer sögðum í 80. greininni um orsök rafurmagnsgneistans. Hið *positiva* rafurmagn vjelarinnar sogar að sjer hið *negativa* rafurmagn kúlunnar, og hrindir hinu *positiva* rafurmagni hennar svo langt aptur á bak, sem það getur komizt. En með því að ekkert er það áfast kúlunni, er við rafurmagni þessu geti tekið, kemst það eigi nógu langt á braut, eða hinar tvær rafurmagnstegundir greinast eigi nægilega hvor frá annari; af því leiðir, að gneistinn verður daufur og óskýr. En er vjer leggjum fingurinn á kúluna, svo sem áður er sagt, streymir hið *positiva* rafurmagn kúlunnar í líkama vorn, og þaðan aptur í jörð niður. Við það greinast enn betur hinar tvær rafurmagnstegundirnar í kúlunni, og gneistinn verður skærari.

82. Áhrif brodda eða nadda. Ef vjer í síðustu tilrauninni höldum fingrinum föstum á kúlunni um hríð, og rafurmagnsvjelinni er snúið á meðan, hrökkva margir gneistar úr kúlunni yfir í líkama vorn, og þaðan í jörð niður, og vekja þeir óþægilega tilfinningu hjá oss. Vjer getum í rauninni líkt gneistanum úr rafurmagnsvjelinni við

eldingu, með því að eldingin er eigi annað en mjög langur gneisti, og þá er einhver maður er þrumulostinn, fer rafurmagnið í gegnum líkama hans og niður í jörðina, og eins fer um rafurmagnsgneistana, er vjer snertum kúluna, svo sem þegar er frá skýrt, að þeir þjóta í gegnum líkama vorn í jörð niður.

59. Tilraun. Nú skulum vjer setja brodd eða nadd í messingkúluna, og snúa honum að leiðandanum í vjelinni, en bregða um leið fingrinum á kúluna hinu megin. Það verður þá eigi auðið, að ná nokkrum gneista úr vjelinni, en í þess stað verður það einlægur rafurmagnsstraumur. Broddurinn leiðir rafurmagnið jafnharðan á braut, og það kviknar, og lætur það eigi fá tómstund til að safnast svo fyrir, að gneisti geti úr orðið. Með þessu móti getum vjer gjört oss skiljanlegt, hversu málmstangir efst á háum húsum geti að notum komið í þrumuveðri, til þess að verja þau eldingum. Þess kyns málmstangir eru nefndar þrumuleiðar. Málmstangir þessar ganga niður með húsinu og í jörð niður, og draga þær að sjer rafurmagnið úr loptinu smátt og smátt, eins og naddurinn gjörði á kúlunni í þessari tilraun; og eins og naddurinn á kúlunni ver fingur minn frá rafurmagnsgneistanum í tilrauninni, eins ver þrumuleiðirinn húsið fyrir eldingunni.

Hinn víðfrægi fræðimaður í Vesturheimi, *Benjamín Franklín*, fann það fyrstur manna, að eldingar og rafurmagnsgneistar eru af sömu rót runnin. Munurinn einn er sá, að eldingin getur einatt ver-

ið margar mílur á lengd, en rafurmagnsgneistinn að eins fáeinir þumlungar.

83. Rafurmagnsvjelin. Yður mun nú skiljast fyrirkomulag rafurmagnsvjelarinnar. Hún er samsett af tveim hlutum; er annar hlutinn til þess að kveykja rafurmagnið, og hinn til þess að draga það saman.

Einhver hin bezta rafurmagnsvjel er þannig gjörð, að rafurmagnið er vakið í glerhjóli, sem snúið er í hring. Uppdráttur vjelarinnar er 42. myndin. Um leið og glerhjólinu er snúið, nuggast það við tvo



42. mynd.

kodda, sinn hvoru megin. Koddar þessir eru vanalega gjörðir úr leðri og fylltir hrosshári, og nuddast glerið allfast við þá. Á kodda þessa er dreginn málmblendingur, og er hann að öllum jöfnuði að

einum hluta sink, einum hluta tin, og að tveim hlutum kvikasilfur, sem allt er brætt saman. Úr öðrum þessara kodda gengur málmfesti í hinn, og þaðan í jörð niður. Þá er glerhjólinu er snúið, kviknar *positivt* rafurmagn í því, en *negativt* í koddunum. Þetta hið síðara rafurmagnið hverfur þá eptir festinni niður í jörðina, tvístrast þar, og hverfur loks með öllu, og þannig losumst vjer við það; en hitt er kyrrt í glerinu. Utan um glerhjólið eru tvær málmstangir, og eru þær samtengdar; þær eru nefndar rafurmagnsleiðandi. Leiðandi þessi stendur á gleri, og getur af þeim sökum haldið í sjer rafurmagni því, sem í hann kemur. Málmstangir þessar eru enn fremur búnar málmbroddum, er allir vita að glerinu. Áður hefur yður sagt verið, að málmnaddar dragi að sjer rafurmagn. Fyrir þá sök draga þeir til sín hið *positiva* rafurmagn eða safna því í sig úr glerinu, og flytja það til leiðandans, og þaðan kemst það eigi, úr því hann stendur á gleri. Ef glerhjólinu er snúið nógu lengi, getum vjer veitt allmiklu rafurmagni í leiðandann.

60. Tilraun. Þá er leiðandi rafurmagnsvjelarinnar er fullur orðinn rafurmagns, ef jeg þá ber fingurinn í nánd honum, má sjá gneista hrökkva millum leiðandans og fingursins. Ástæðan til þessa gneista er sú, að hið *positiva* rafurmagn í leiðandanum greinir sundur hinar tvær rafurmagnstegundir í fingri mínum, hrindir frá sjer hinu samkynjaða, svo að það fer um líkama minn niður í jörðina, en dregur að sjer hið ósamkynja, og

rennur þá hvorttveggja rafurmagnið saman í loptinu millum leiðandans og fingursins, og við það myndast gneistinn.

84. Leidens-krukkan. Þá er þjer haldið fingri yðar eða hnúa í nánd við rafurmagnsvjel, finnið þjer einhverja stingi, er gneistinn hrökkur á milli, og annað eigi. Þjer fáið ekki stórt högg. Svo að högg verði úr því, verðið þjer að nota Leidens-krukkuna, sem svo er nefnd. Eptirmynd hennar er 43. myndin. Það er glerkrukka, og er hún lögð bæði utan og innan tinnæfrum því nær upp undir lokið, en þó eigi alveg. Í munnann á krukkunni er felldur korktappi, og í gegnum hann gengur málmteinn með hnúð á efri enda, en neðri endinn er tengdur við tinnæfrurnar innan á krukkunni.

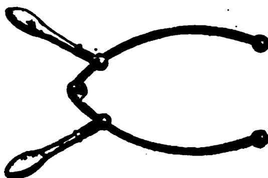

43. mynd.

Þótt krukkan sje lögð þessum tinnæfrum bæði að utan og innan, getur rafurmagnið þó eigi haft neinar samgöngur á millum næfranna, sökum þess að glerið er á milli, en það er ekki rafurmagnsnæmt. Nú skulum vjer taka höndum um tinnæfrurnar að utan, og halda hnúðnum á málmteininum að leiðandanum á rafurmagnsvjelinni; mun þá hið *positiva* rafurmagn leiðandans þjóta í hnúðinn og berast niður eptir teininum í tinnæfrurnar að innan, og greina hinar tvær rafur-

magnstegundir í tinnæfrunum utan á krukkunni; hrindir það hinu *positiva* rafurmagni frá sjer, svo að það leggur leið sína í gegnum hendur mínar og í jörð niður, en hið *negativa* dregur það til sín. Þannig safnast afarmikið *positivt* rafurmagn í innri tinhúð krukkunnar, en *negativt* í tinnæfrunum utan á henni; vilja rafurmögn þessi gjarna renna saman, en geta eigi vegna glersins, sem á milli er, en þau leggjast fast að glerinu beggja vegna. Því næst hleypi jeg meira *positivu* rafurmagni í tinnæfrurnar að innanverðu. Þessi rafurmagnsauki vinnur hið sama, sem hið fyrra rafurmagnið, að það greinir enn betur en áður hinar tvær ólíku rafurmagnstegundir í næfrunum utan á krukkunni, og rekur hið *positiva* rafurmagnið í gegnum hendur mínar og líkama niður í jörðina, en hið *negativa* er kyrrt eptir, og dregst að glerinu sem næst hinu nýja rafurmagni í tinnæfrunum á innanverðu glerinu. Nú höfum vjer tvö rafurmagnssöfn í innri tinnæfrunum, og tvö í hinum ytri, er eins og gæta hvort annars, og leggjast sem næst glerinu. Þannig getum vjer haldið áfram, unz afarmikið rafurmagn er komið í hvorartveggja tinnæfrurnar, sín tegundin í hvorar.

Ef vjer viljum hleypa rafurmagninu aptur úr *Leidens*-krukkunni, er til þess haft verkfæri, sem lítur út eins og 44. myndin; er það, eins og þjer sjáið, tvær álmur úr málmi, með hnúð á öðrum endanum, en festar saman á hinum endanum, og leika þar á þolinmóð, og er sitt glerheptið á hvorri til að halda um. Því næst er hnúðurinn á enda

annarar álmunnar lagður á tinnæfrurnar utan á krukkunni, en hnúðurinn á hinni álmunni smám saman borinn að hnúðnum á málmteininum, sem niður í krukkuna gengur, unz hann er kominn nógu nærri. Þá er hnúðarnir eru komnir nógu nærri hvor öðrum, má sjá stóran gneista hrökkva milli hnúðanna, og verður þá jafnframt hvellur mikill, og er þá rafurmagnið runnið saman úr tinnæfrunum hvorumtveggja gegnum álmurnar. Ef þjer viljið sjálfir finna höggið, sem af þessu verður, skuluð þjer halda annari hendinni utan um krukkuna, og bera hina höndina að hnúðnum á málmteininum, sem niður í krukkuna gengur, streymir þá rafurmagnið á braut um líkama vorn. Ef margir vilja finna höggið, þurfa þeir eigi annað en haldast í hendur; því næst skulu hinir yztu í röðinni annar taka lausu hendinni um krukkuna, en hinn halda þeirri hendinni, sem hann hefur lausa, í nánd við hnúðinn; rennur þá rafurmagnið um þá alla, og allir finna þeir höggið.



44. mynd.

85. Krapturinn í rafurmögnuðum hlutum. Við það, sem þegar er sagt, hljótið þjer að sannfærast um, að afl mikið býr í rafurmagninu. Þjer sjáið, að hinar ósamkynja rafurmagnstegundir í *Leidens*-krukkunni renna saman með blossa. og hvell. Blossi þessi er skær mjög, meðan hann

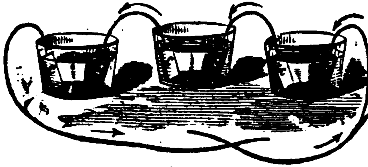
stendur, og þótt hann haldist eigi lengur en svo, að nemi eigi fullum einum hluta úr sekúndu, er henni er skipt í tuttugu og fjórar þúsundir hluta, leggur þó af honum allmikinn hita. Nú vitum vjer, að hitinn hefur krapt í sjer fólginn, og þá er rafurmagninu er hleypt úr *Leidens*-krukkunni, breytist kraptur sá, sem vjer nefnum rafurmagn, í annan krapt, og þann kraptinn nefnum vjer hita og ljós.

Enn fremur er það einsætt, að úr því kraptur býr í rafurmagninu, þarf einhvern verknað til að leiða það fram; en þennan verknað vinnið þjer, er þjer snúið rafurmagnsvjelinni; en það er full þraut að snúa henni vegna rafurmagnsins. Þjer sjáið þannig, að ekkert verður fengið fyrir ekkert. Ef þjer viljið fram leiða einhvern krapt, verðið þjer sjálfir að beita kröptum til þess. Á hinn bóginn fer enginn kraptur forgörðum eða verður að engu, er hinar tvær ósamkynja rafurmagnstegundir renna saman, en þær breytast að eins og verða að hita.

86. Rafurmagnsstraumar. Í 82. greininni hefur yður verið frá því skýrt, að þá er þjer haldið bryddum leiðanda að leiðanda rafurmagnsvjelarinnar, rennur stöðugur rafurmagnsstraumur gegnum broddinn, hönd yðar og líkama og í jörð niður.

Vjer höfum samt annað miklu betra ráð en rafurmagnsvjelina til að leiða fram rafurmagnsstrauma, og skal jeg stuttlega lýsa þeirri aðferðinni. Maður er nefndur *Alexander Volta,* ítalskur að ætt. Hann fann fyrstur aðferð þessa, og eru áhöldin sýnd í 45. myndinni, og eru nefnd *Voltu-*

bálkurinn eða rafurmagnsbálkurinn. Það eru þrjú ker. Í yzta kerinu til vinstri handar má



45. mynd.

sjá vinstra megin þynnu merkta *c*; hún er úr kopar; en hægra megin í kerinu er önnur þynna úr sinki, merkt *z*; eins er í hinum kerunum koparþynna vinstra megin, en sinkþynna hægra megin. Úr sinkþynnunni í fyrsta kerinu gengur látúnsþráður í koparþynnuna í öðru kerinu, og annar látúnsþráðurinn úr sinkþynnunni í öðru kerinu í koparþynnuna í þriðja kerinu, og úr koparþynnunni í kerinu til vinsti handar gengur enn látúnsþráður, og annar úr sinkþynnunni í kerinu til hægri handar. Kerin eru fyllt með brennisteinssýru blandaðri vatni (Efnafræði 50). Ef vjer flytjum endana á látúnsþráðunum, sem ganga lausir úr stöku þynnunum í yztu kerunum, hvorn nærri öðrum, hrökkva rafurmagnsgneistar á millum þeirra, og ef vjer leggjum þá hvorn við annan verður það stöðugur rafurmagnsstraumur, og er stefna þeirra hin sama sem örvaoddanna. Að upphafi hefst straumur þessi í látúnsþræðinum, sem gengur úr koparþynnunni í kerinu til vinstri handar, streymir því næst í gegnum lausu þræðina löngu, unz hann nær

sinkþynnunni í kerinu til hægri handar; heldur því næst áfram í gegnum vökvann í kerinu og í koparþynnuna í sama keri, þaðan eptir þræðinum úr henni í sinkþynnuna í miðkerinu, í gegnum lög-inn í því kerinu og í koparþynnuna, úr henni aptur eptir þræðinum, sem úr henni liggur, yfir í sinkþynnuna í yzta kerinu til vinstri handar, gegnum löginn í því kerinu og í koparþynnuna vinstra megin í kerinu, þar sem hann hófst að upphafi, og heldur þannig stöðvunarlaust áfram.

Þessi rafurmagnsstraumur er og nefndur *Galvans*-straumur, eptir ítölskum lækni, að nafni *Galvani*, og því heita og *Galvans*-festar lík áhöld, sem höfð eru til að leiða fram þess konar rafurmagnsstrauma.

87. Groves-bálkurinn. Áhöld þau, sem *Volta* bjó til, til þess að kveykja rafurmagnsstraum, og sem nú hefur lýst verið, hafa síðan tekið mörgum og miklum bótum.

Sú varð raunin á um rafurmagnsstraum *Voltu*, að þótt hann væri að upphafi mikill, dró skjótt afl úr honum, og hann hætti að síðustu með öllu. En síðan var fundin önnur aðferð til að halda straumnum svo við, að hann linaðist eigi. Áhöld þau, sem til þessa eru höfð, eru nefnd stöðugur straumgarður, og einhver hin beztu eru þau, sem maður einn að nafni *Grove* fann (sjá 48. myndina). Þar eru öll kerin tvöföld, eða tvö ker, hvort innan í öðru, þar sem *Volta* hafði þau einföld; er hið ytra kerið úr gleri, en hið innra úr gljúpum leir. Glerkerið er fyllt með þynntri eða vatns-

blandinni brennisteinssýru, og niður í hana er stungið sinkþynnu; en leirkerið er fyllt sterkri óblandinni saltpjeturssýru (Efnafræði 47), og niður í þessa sýru er hleypt þunnri lýsigullsþynnku, og kemur hún í stað koparþynnunnar í rafurmagnsbálki *Voltu*.

Brennisteinssýran jetur í sundur sinkið (Efnafræði 60), og við það kemur fram vatnsefni. Vatnsefni þessu skýtur eigi upp í bólum; það streymir í gegnum hið gljúpa leirker og í saltpjeturssýruna í því, leysir hana sundur og sogar í sig súrefni, svo að úr því verður vatn, og breytir við það saltpjeturssýrunni í saltpjeturskennda sýru, og það má sjá á því, að þar leggur upp af rauðgulan reyk eða gufu. Þannig nær vatnsefnið eigi lýsigullsþynnkunni, og í því skyni er þessu þannig hagað, því að fræðimennirnir fundu það, að vatnsefnið, er myndaðist við sundurleysingu sinksins, festist við koparþynnkuna, og við það dró mjög úr rafurmagnsstraumnum.

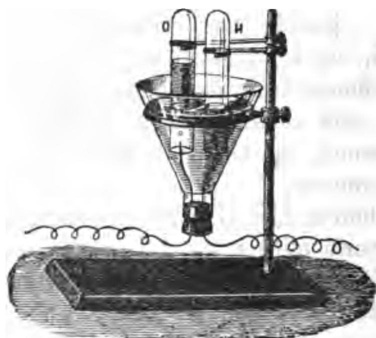
Vjer höfum hjer lýst að eins einu kerinu, en þau geta verið mjög mörg, 50, 60, 70 eða 100, en þau eru öll samtengd á líkan hátt og í rafurmagnsbálki Voltu (45. mynd), þannig, að þráðurinn, sem gengur ur lýsigullsþynnkunni í öðru kerinu, er festur í sinkið í hinu kerinu; munurinn er sá einn, að þar sem Volta hafði einföld ker, eru þau hjer tvöföld, svo sem áður er sagt, og í stað koparsins er haft lýsigull.

88. Eðli og einkenni rafurmagnsstraums-

ins. Vjer skulum nú vita, hverju rafurmagnsstraumurinn orkar, og gjöra fáeinar tilraunir.

62. Tilraun. Vjer skulum taka rafurmagnsáhöld *Groves*, og koma þeim svo fyrir, sem þau eiga að vera, og því næst leggja mjóan lýsigullsþráð milli beggja endaþráðanna, svo að úr þeim verði samfastur þráður; verður þá lýsigullsþráðurinn glóandi heitur, bráðnar að síðustu og verður að gufu.

63. Tilraun. Vjer skulum enn aptur taka áhöld *Groves* og skipa þeim niður, sem vera ber; því næst skulum vjer taka ker, líkt 46. myndinni,

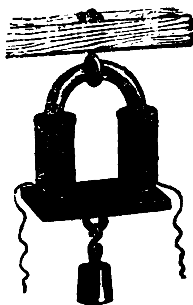


46. mynd.

hella í það vatni, og draga síðan endaþræðina báða í gegnum botn kersins, svo að þeir gangi nokkuð upp eptir því; að svo gjörvu steypum vjer sinni glerpípunni yfir hvorn endann; sje vatn í báðum, og snúi botninn á þeim upp. Rafurmagnsstraum-

urinn greinir þá vatnið í frumefni sín, súrefni og vatnsefni, og safnast súrefnið við þann þráðarendann, sem liggur úr lýsigullinu, og leggur upp í þá pípuna, er yfir honum er, en vatnsefnið við þann endann, er liggur úr sinkinu, og heldur upp í hina pípuna. Rafurmagnsstraumurinn greinir þannig vatnið í frumefni sín, og eins greinir hann mörg önnur blönduð efni. (Sbr. Efnafræði 14).

64. Tilraun. Nú tökum vjer koparþráð, vafinn silki, svo að rafurmagnið geti eigi úr honum komizt. Því næst tökum vjer þykkan járntein, beygjum hann eins og skeifu, og vefjum koparþræðinum utan um. Báða enda hans festum vjer við endaþræðina úr rafurmagnskerum þeim, sem vjer höfum lýst, sinn við hvorn. Við þetta fær járnið þá náttúru, að það dregur að sjer annað járn,og getur haldið á lopti allþungri járnplötu, og það þótt töluverður þungi sje hengdur neðan í hana, svo sem gjört er í 47. myndinni. En undir eins og endarnir eru leystir sundur, missir járnið aptur þetta aðdráttarafl, og járnplatan losnar þegar við það og dettur niður.



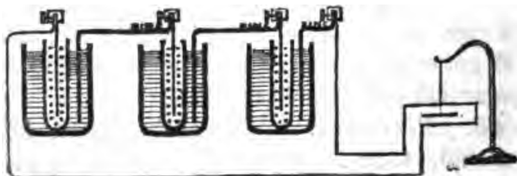
47. mynd.

65. Tilraun. Vjer skulum taka bút af hertu stáli, t. a. m. prjón, og snerta með honum járnið, meðan á þeirri tilrauninni stendur, sem vjer síðast lýstum, og fær þá prjónninn líkt eðli og

járnið, að geta dregið að sjer annað járn, en sá er munurinn á hertu stáli og járninu, að stálið heldur þessu eðli sínu eptir á, þótt það sje losað frá járninu, og enginn rafurmagnsstraumur nái því. Vjer skulum til að mynda taka rafurmagnaðan prjón, og binda mjög smágjörvum silkiþræði um hann miðjan og hengja síðan einhverstaðar, svo að hann sje með öllu lárjettur, en komi hvergi við; mun hann þá stöðugt stefna í sömu átt, hjer um bil í norður og suður. Hann er þá orðinn að leiðarnál (kompas), og fyrir hana geta sjófarendur stýrt skipi sínu í rjetta stefnu. Stál með þessari náttúru er nefnt segulstál (leiðarsteinn).

66. Tilraun. Ef vjer tökum málmþráð þann, sem rafurmagn streymir um, og berum hann að segulnálinni, hvort sem hún hangir á þræði, eða hún er fest á typpi, er hún geti snúizt á, mun hún þegar beina endanum þvers að þræðinum. En linni rafurmagnsstraumnum fram hjá henni, af hverjum ástæðum sem er, tekur hún þegar aptur hina fyrri stefnu sína í norður og suður.

67. Tilraun. Vjer getum gjört tilraun



48. mynd.

þessa enn skýrari á þann hátt, sem sýndur er í 48. myndinni. Vjer skulum hugsa oss, að vjer höfum rafurmagnsáhöldin í öðrum enda herbergis vors, en í hinum endanum segulnál. Úr báðum yztu kerunum ganga málmþræðir til þess enda herbergisins, þar sem segulnálin er, og eru þar tengdir saman, og liggja rjett fram hjá nálinni; mun hún þá þegar breyta stefnu sinni, og þræðirnir eru knýttir saman; en þegar er þræðirnir eru leystir sundur aptur eða fluttir burtu, snýr nálin aptur í vana-stefnu sína.

Þessi áhrif rafurmagnsstraumsins á segulnálina fann hinn danski náttúrufræðingur *H. Chr. Örsted* fyrstur manna, árið 1820.

89. Frjettaþráðurinn (Electric Telegraph). Við síðustu tilraunina er þess getið, að þegar er málmþræðirnir eru leystir í sundur í öðrum enda herbergisins, snýr segulnálin aptur í vanastefnu sína. En eins fer, þótt þræðirnir næðu yfir 100, eða jafnvel 1000 mílur. Þótt nálin væri 1000 mílur frá áhöldunum, mundi hún þó snúast að þræðinum, ef þeir væru svo langir, að þeir næðu þangað samanhnýttir; en undir eins og þræðirnir væru leystir sundur, mundi rafurmagnsstraumnum þegar linna, og segulnálin leggjast í norður og suður, og það þótt þræðirnir væru leystir sundur rjett við áhöldin. Af þessu megið þjer sjá, hversu það er auðið, að snúa segulnálinni með því einu, að leggja endaþræðina úr rafurmagnsgarðinum rjett fram hjá henni, þótt hún sje 1000 mílur á

brautu, ýmist með því að hnýta báða endaþræðina saman eða leysa þá sundur.

Þessi er undirstaða fyrir hinum rafurmagnaða frjettaþræði, er fremur slík undraverk, að hann ber oss norðurálfubúum frjettir um það á fáeinum sekúndum, sem fram fer í Vesturheimi. Jeg get eigi hjer gefið yður fulla skýringu á frjettaþræði þessum, en jeg skal þó segja yður nokkuð, svo að þjer getið gjört yður nokkra hugmynd um hann. Vjer skulum hugsa oss tvo staði, er sjeu margar mílur hvor frá öðrum. Á öðrum þessara staða höfum vjer rafurmagnsáhöld, lík þeim, sem 48. myndin táknar, en á hinum skeifulagaðan járnbút (sjá 47. myndina). Þræðinum frá öðrum enda áhaldanna er vafið utan um hinn skeifulagaða járnbút; en á leiðinni er þráðurinn borinn af stöngum, svo að hann leikur þar í lausu lopti; en þráðurinn frá hinum enda áhaldanna gengur í jörð niður, og vinnur hún hið sama verk, sem þráður væri. Undir járnskeifuna er lögð járnþynna, eins og í 47. myndinni, og er hún nefnd akkerið; en ekkert er hengt neðan í hana; er járnþynnunni þannig fyrir komið, að hún getur sigið lítið eitt frá skeifunni. Í hvert skipti og þráðurinn er hnýttur saman eða leystur sundur á fyrri staðnum, lyptist járnþynnan upp að járnskeifunni eða sígur niður. Járnþynnan snertir í hvert skipti lyptistöng eina, sem þar er hjá, og við það gjörir tittur nokkur rispu í brjefræmu, sem svo er fyrir komið, að titturinn nær henni, í hvert skipti og járnþynnan lyptist upp. Eptir því sem þráðunum er haldið lengur saman-

hnýttum, eptir því verður rispan lengri í brjefræmuna; því að vari samtengingin að eins afarstutta stund, rekst titturinn að eins snöggvast í brjefræmuna, svo að farið eptir hann verður að eins lítill depill. Úr þessum merkjum eptir tittinn hefur verið smíðað heilt stafrof.

90. Skekkja segulnálarinnar og halli. Vjer sögðum fyrir skömmu, að þá er segulnálin væri hengd í band eða ljeki laus á typpi, svo að hún væri sjálfráð, þá stefndi hún í norður og suður. En þetta er eigi nákvæmlega orðað. Oddar segulnálarinnar stefna eigi beint á heimsskautin, heldur nokkuð fyrir utan þau, og er þetta afhvarf segulnálarinnar frá beinni stefnu á heimsskautin nefnt *Declination;* á íslenzku mætti það nefna stefnuskekkja eða heimsskauts-afhvarf. Skekkja þessi er eigi alstaðar jafnmikil á jarðarhnettinum, nje heldur ávallt hin sama. Um norðanverðan Vesturheim, og þaðan beina stefnu í landsuður um botninn á Mexíkóflóa, Brasilíu og suður í Atlantshaf verður skekkjan engin, og eins þar andspænis hinu megin á jarðarhnettinum eða um miðja austurálfu, þegar talið er frá austri til vesturs. Hjer í Reykjavík er hún nú sem stendur hjer um bil 40 mælistig. En þessi stefna segulnálarinnar breytist og nokkuð eptir því sem tímar líða, og hún breytist jafnvel nokkuð eptir árstímunum, en hjer getum vjer eigi farið lengra út í það efni.

Annað atriði er það við segulnálina, að þá er hún má ráða sjer að öllu sjálf, liggur hún eigi lárjett alstaðar á jarðarhnettinum. Um miðbik jarð-

arinnar liggur hún lárjett, en því norðar sem dregur, eða nær norðurheimsskautinu, því meir hallast hún, eða því meira veit sá oddur segulnálarinnar niður í jörðina, sem stefnir á norðurheimsskautið. Og á sömu leið fer á suðurhelmingi jarðar, að því sunnar sem dregur, því meira veit sá endi nálarinnar, sem að suðurheimsskautinu veit, niður í jörðina, og loksins mundi þar koma, að segulnálin stæði þráðbeint upp og niður. Þessi halli segulnálarinnar er nefndur á mörgum útlenzkum tungum *Inclination*.

Af hverju kemur þessi halli segulnálarinnar? Hann kemur af því, að jarðarhnötturinn sjálfur hlýtur allur að vera segulmagnaður, eða sem einn segull væri, og dregur því segulnálina að sjer, og möndul-endar þessa segul-hnattar hljóta að vera í nánd við heimsskautin.

91. Ályktarorð. Þjer eruð nú orðnir fróðir þess, hverju rafurmagnsstraumurinn orkar; í fyrsta lagi, að hann getur gjört mjóan málmþráð glóandi rauðan, er hann rennur eptir honum, og jafnvel brætt hann; í öðru lagi, að hann getur greint vatn og önnur blandin efni í frumefni sín; í þriðja lagi getur hann gjört óhert járn segulmagnað um stundarsakir, en hert stál að segulstáli, þar sem segulmagnið helzt við; í fjórða lagi getur hann beint segulnálinni út af vanalegri stefnu sinni til norðurs og suðurs; og í fimmta lagi getum vjer fyrir hann sent frjettir langar leiðir á fáeinum sekúndum.

Að síðustu skulum vjer endurtaka í stuttu

máli aðalatriði þess, er vjer höfum numið af þessum litla bæklingi. Vjer töluðum fyrst um hreifingu hlutanna og flutning úr einum stað í annan; því næst um titringinn og hljóðið; þá um ljósið; og að síðustu um rafurmagnið og segulmagnið. Í öllu þessu höfum vjer reynt að gjöra yður það skiljanlegt, að kraptur sá, sem í hlutnum býr, fer aldrei forgörðum eða verður að engu. Hann getur streymt yfir í annan hlut, breytt mynd sinni og eðli, getur orðið að ósýnilegu hljóði, er hann áður var sýnilegur, að hita eða rafurmagni, og ummyndazt á ýmsa vegu, en að engu getur hann aldrei orðið, heldur en líkamleg efni.

Efnafræðin styðst við þau lög, að líkamleg efni geta ummyndazt, er þau leysast hvert frá öðru, og blandast öðrum efnum, en verða aldrei að engu eða hverfa með öllu. En eins styðst eðlisfræðin við þau lög, að krapturinn geti að eins ummyndazt, en aldrei farizt eða að engu orðið. En lög þessi eru eigi skýrð til fullnaðar enn, og fullnaðarskýring þeirra er geymd eptirkomendunum.

Nokkrar tölur til minnis.

Ef vjer látum stein detta úr hendi vorri, fellur hann því nær 16 ($15^{5}/_{8}$) fet hina fyrstu sekúndu.

Eitt teningsfet vatns vegur 62 pund, og teningsþumlungurinn rúmlega $3^{1}/_{2}$ kvint. Teningsfetið rúmar 32 potta, og pottsrúmið er þá 54 teningsþumlungar.

Eðlisþungi gullsins er 19.

Eðlisþungi kvikasilfurs er $13^{1}/_{2}$.

Loptið getur við meðalþrýsting borið 29 þumlunga háan kvikasilfurs-stöpul, en 33 feta háan vatnsstrók.

Við 0 mælistiga hita berst hljóðið í loptinu 1059 fet á sekúndu hverri; en hraði þessi vex um rúm 2 fet við hvert mælistig, er hitinn vex, og er hraði þess talinn að meðaltali 1100 feta á sekúndunni; en í vatni fer það nálægt 4000 fetum, og eptir járni hjer um bil 11000 feta á sekúndunni.

Hinn dimmasti sónn, sem vjer getum leitt fram, gjörir $16^{1}/_{2}$ sveiflu á sekúndu hverri; en hinn hæsti hvellur yfir 30,000.

Suðumark vatnsins er 100° C. (80° R.) við meðalþrýsting loptsins.

Hiti sá, sem þarf til að bræða 1 pund af ís, getur aukið hita 79 punda vatns um eitt stig, eða með öðrum orðum: 1 pund vatns við frostmark hefur í sjer 79 einingar falins hita.

Hiti sá, sem gengur til að breyta 1 pundi sjóðandi vatns í gufu, getur aukið hita 537 punda vatns um eitt stig, eða með öðrum orðum: 1 pund vatnsgufu við 100° hita hefur í sjer 537 einingar falins hita.

Hraði ljóssins er nærfellt 41000 mílna á sekúndu hverri.

1 dönsk míla er 24000 feta, eða 12000 álna, eða 4000 faðma; ensk míla er 5127½ danskt fet, og eru því 14 enskar mílur nærhæfis 3 danskar.

Allar lopttegundir þrútna um $^{11}/_{30}$ af rúmmáli sínu, er þær eru heittar frá 0° til 100°.

Vatnið þrútnar um $^{44}/_{1000}$ af rúmmáli sínu, þá er það er heitt frá 0° til 100°.

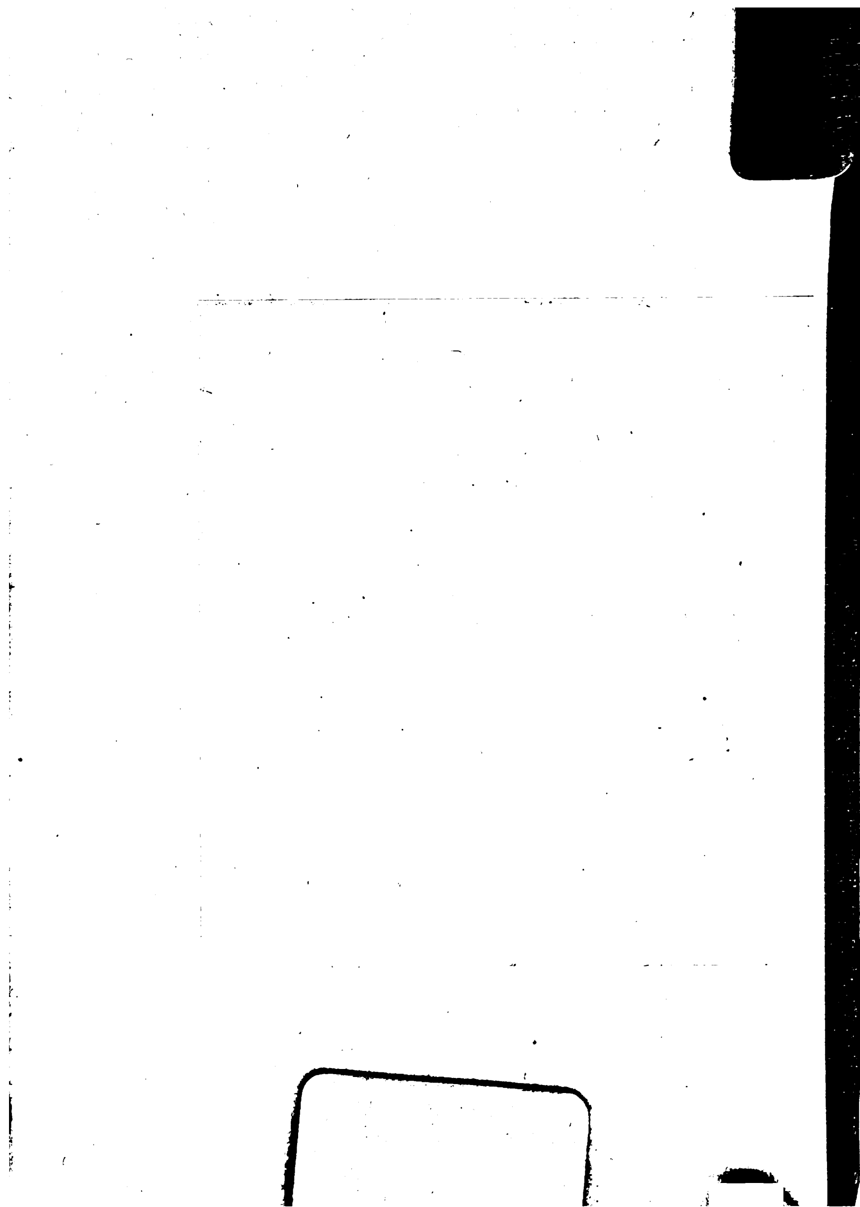
Vínandi og olía þrútnar um $^{1}/_{10}$ rúmmáls síns við sömu hitun og loptið og vatnið.

1 metre, undirstaða alls lengdarmáls á Frakklandi, er 3,1862 dönsk fet, eða rúmir 38 þumlungar.



Leiðrjetting.

Á bls. 139, í byrjun 84. greinarinnar á að standa:
61. Tilraun, fyrir aptan: Leidens-krukkan.




Phys 408.80.3
Edlisfraedi,
Cabot Science
003439635
3 2044 091 955 716

